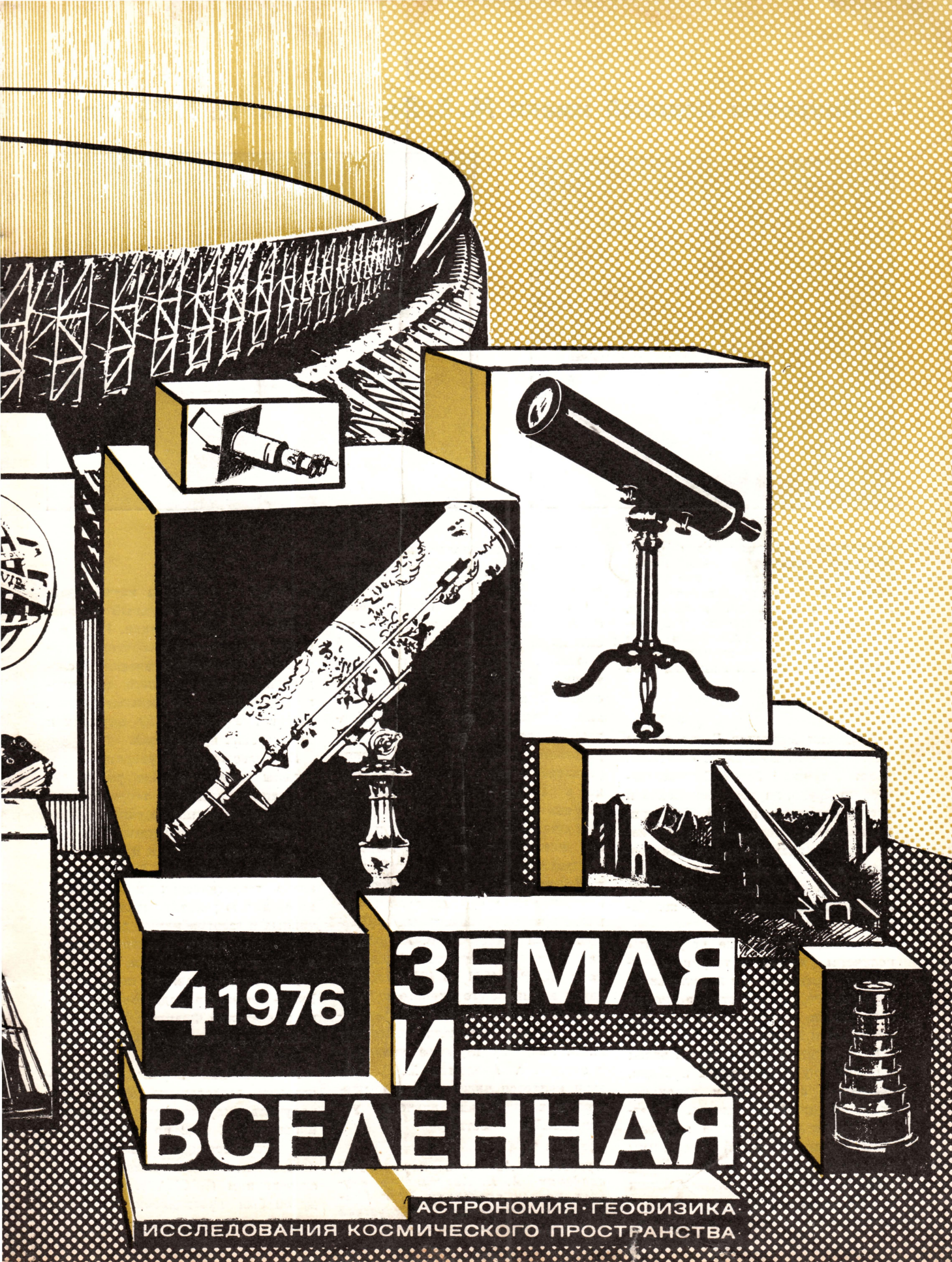


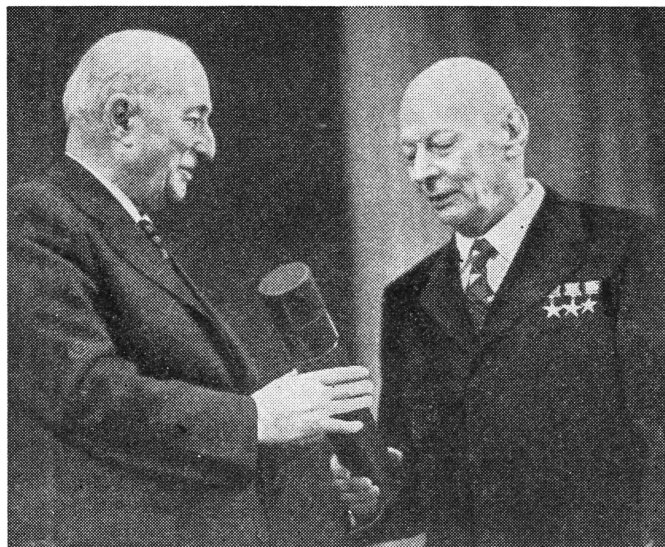


4 1976

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

АСТРОНОМИЯ · ГЕОФИЗИКА
ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Лауреаты медалей имени М. В. Ломоносова за 1975 год



Президиум Академии наук СССР присудил золотые медали имени М. В. Ломоносова за 1975 год академику М. В. Келдышу за выдающиеся достижения в области математики, механики и космических исследований и академику Академии наук Франции Морису Руа за выдающиеся достижения в области механики и ее приложений.

Академик Мстислав Всеволодович Келдыш — выдающийся советский ученый, трижды Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и Государственных премий. Ему принадлежит большое число широко известных фундаментальных исследований в области математики и механики, вычислительной математики, аэрогидродинамики, теории колебаний.

Выдающиеся научные результаты получены ученым в теории функций действительного и комплексного переменного, в области уравнений с частными производными и функциональном анализе.

М. В. Келдыш внес большой вклад в разработку ряда важных проблем, связанных с прогрессом авиационной и космической техники, в развертывание и проведение в Советском Союзе широкой программы космических исследований.

М. В. Келдыш — основоположник многих современных направлений в теории гидро- и аэродинамики, свя-

зывает свои широкие научные исследования с конкретными прикладными задачами.

С именем М. В. Келдыша связано становление новой науки — вычислительной математики, вызванной к жизни требованиями передовой техники и возникшей на базе классической математики и современных вычислительных средств. Проводившиеся с его непосредственным участием работы предопределили развитие вычислительной математики в Советском Союзе, в первую очередь эффективных методов решения сложных задач атомной и других важнейших отраслей техники.

Огромный вклад в общий прогресс советской науки, в совершенствование форм ее организации, развитие новых перспективных направлений был внесен М. В. Келдышем на посту президента Академии наук СССР с 1961 по 1975 год. Заслуги крупнейшего ученого и организатора науки, видного общественного деятеля снискали академику М. В. Келдышу глубокое уважение и авторитет. Академик М. В. Келдыш является членом многих иностранных академий, научных учреждений и обществ.

■ ■ ■
Президент Академии наук СССР академик А. П. Александров вручает медали академику М. В. Келдышу и академику Французской Академии наук Морису Руа

Академик Академии наук Франции Морис Руа — крупный специалист в области механики. Круг его научных интересов включает самые разные области теоретических исследований и практического приложения механики и термодинамики. Морис Руа — автор 150 научных и технических публикаций.

Наиболее глубокие результаты получены ученым в ряде работ, посвященных развитию теории турбулентного обтекания несущих поверхностей, общей термодинамики машин, теории динамики и устойчивости полета самолетов. Морис Руа — автор теоретических исследований по созданию реактивных, турбореактивных и газотурбинных двигателей. Ему принадлежат большие заслуги в развитии аэродинамики.

В течение многих лет Морис Руа — профессор ряда высших учебных заведений Франции. В 1966 году был президентом Академии наук Франции.

Плодотворная научная и общественная деятельность Мориса Руа получила широкое международное признание. С 1962 по 1972 год Морис Руа — президент Международного комитета по космическим исследованиям (КОСПАР). В 1964 году он был президентом Международного союза механиков.

Научно-популярный
журнал
Академии наук СССР
Основан в 1965 году
Выходит 6 раз в год
Издательство «Наука»
Москва

4 ИЮЛЬ АВГУСТ 1976 ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

В номере:

Л. М. Гиндилис — Радиотелескоп РАТАН-600	2
И. Д. Новиков — Черные дыры взрываются!	13
М. Н. Марков — Инфракрасный эксперимент на «Салюте-4»	18
А. А. Овчинников — Автоматизация в наблюдательной астрономии	25
И. С. Зекцер — Ресурсы подземных вод в СССР	32
Ю. С. Генштафт, В. А. Ермаков — Необычное извержение на Камчатке	39
ЛЮДИ НАУКИ	
Ю. И. Гальперин, Н. С. Кардашев, В. Г. Курт, В. И. Мороз, Г. Б. Шоломицкий — Иосиф Самуилович Шкловский	50
Л. Н. Радлова — Всеволод Васильевич Шаронов	55
СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ	
Ю. Д. Буланже — Геодезические науки на XVI Генеральной ассамблее МГГС	58
Р. В. Озмидов — Новое в физике океана	64
Б. Н. Пановкин — Школа-семинар по проблеме СЕТИ	68
ЭКСПЕДИЦИИ	
Е. М. Зингер — Советские гляциологи на Шпицбергене	72
АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ	
А. В. Засов — Обсуждаем программу школьного курса астрономии	77
Е. К. Страут — Необходимо совершенствовать структуру курса астро- номии	78
Э. В. Кононович — Принципы построения курса астрономии в школе будущего	79
Т. А. Таскина — Проект новой программы и системный подход к курсу астрономии	80
НАРОДНЫЕ ОБСЕРВАТОРИИ И ПЛАНЕТАРИИ	
А. К. Толч — Школьный планетарий и обсерватория в Новополюцке	82
И. Ф. Шевляков — Как был открыт планетарий в Данкове	85
ЛЕГЕНДЫ О ЗВЕЗДНОМ НЕБЕ	
И. И. Неяченко — Кассиопея	86
ФАНТАСТИКА	
М. Ц. Данных — Планета Терра	87
КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ	
А. Н. Косарев — Покоритель двух океанов	92
Е. В. Боровкова — «Элементы орбит 45 метеоритов. Атлас»	93
ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ	
НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ	
Сверхсильные магнитные поля [17]; Двойственность источника Лебедь X-2 [17]; Новый астероид [24]; Комета Уэста [49]; Юбилей В. А. Русанова [54]; Ги- гантский ископаемый пингвин [76]; Оледенение и «всемирный потоп» [76]; Новые книги [94].	

«В девятой пятилетке у нас созданы уникальный радиотелескоп РАТАН, крупнейший в мире, оригинальной конструкции оптический телескоп с 6-метровым зеркалом...»

(Из речи президента Академии наук СССР академика А. П. Александрова на XXV съезде Коммунистической партии Советского Союза)

Кандидат физико-математических наук
Л. М. Гиндилис

Радиотелескоп РАТАН-600

Новый радиотелескоп предназначен для наблюдений в диапазоне волн от 8 мм до 21 см. Длинноволновая граница диапазона выбрана с таким расчетом, чтобы на телескопе можно было проводить спектральные исследования в линиях гидроксила ОН на волне 18 см и нейтрального водорода на волне 21 см. Вблизи коротковолновой границы лежит еще одна замечательная радиолиния — линия воды H_2O с длиной волны 1,35 см. Коротковолновый участок рабочего диапазона РАТАН-600 представляет особый интерес, поскольку он еще очень мало изучен и таит в себе, как показывают наблюдения на более скромных инструментах, много неожиданного. Именно в этой области спектра РАТАН-600 будет обладать рекордно высокой чувствительностью и разрешающей способностью.

На новом радиотелескопе планируются наблюдения планет Солнечной системы, исследование тонкой структуры радиоизлучения Солнца, особенно его активных областей, изучение нашей Галактики, а также очень далеких радиогалактик и квазаров. Наряду с этими традиционными направлениями наблюдательной радиоастрономии РАТАН-600 позволит зарегистрировать радиоизлучение от спутников планет, астероидов и отдельных звезд. Важнейшей задачей исследований будет проведение полных обзоров неба в сантиметровом диапазоне волн.

Современная астрономия развивается исключительно быстро. Новые открытия и новые идеи постоянно выдвигают перед наблюдателями новые проблемы. Чтобы успешно

В предгорьях Кавказа, вблизи станции Зеленчукской сооружен гигантский радиотелескоп РАТАН-600.

решать их, радиотелескоп должен обладать не только предельными параметрами, но и предоставлять наблюдателю возможность работать в широкой области спектра, быстро переходить с одной волны на другую, обеспечивать большой объем информации. Ученые и конструкторы, работавшие над созданием РАТАН-600, учли все эти требования.

РЕФЛЕКТОРЫ И РЕФРАКТОРЫ

Хотя радиоастрономы и астрономы-оптики порою говорят на разных языках, требования, которые они предъявляют к своим инструментам, по существу, одни и те же. Ценность радиотелескопа определяется его **проникающей силой** (чувствительностью) и **угловой разрешающей способностью**. При этом немаловажную роль играет ширина диапазона волн, в котором телескоп может эффективно работать.

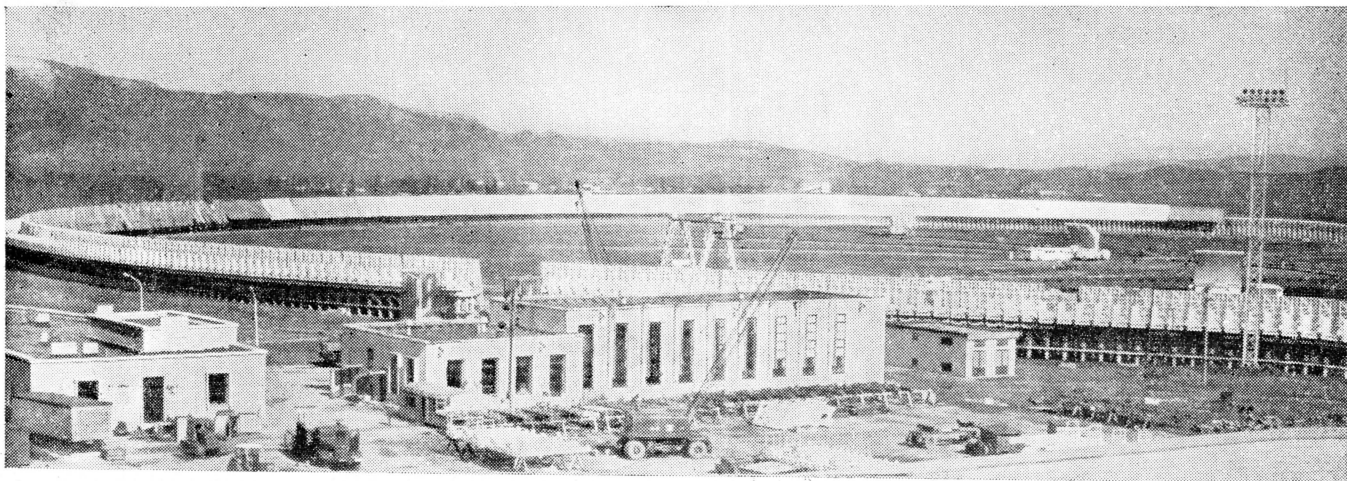
Проникающая сила радиотелескопа определяется предельно малым потоком, который он может зарегистрировать. Чем меньше этот поток, тем больше проникающая сила радиотелескопа. Чтобы ее повысить, необходимо увеличить диаметр зеркала. Однако размер зеркала ограничивается точностью изготовления отражающей поверхности.

Для эффективной работы радиотелескопа на волне λ необходимо, что-

бы суммарное отклонение поверхности зеркала от расчетной (обусловленное ошибками изготовления, деформациями от собственного веса, ветра и неравномерности нагрева) не превышало $0,1 \lambda$. При этом относительная точность поверхности δ будет равна $0,1 \lambda/l$, где l — линейный размер зеркала. Если $\lambda_{\min}$ — минимальная длина волны, на которую рассчитан радиотелескоп, то линейный размер зеркала не может превышать величины $l_{\max} = 0,1 \lambda_{\min} / \delta$. Поскольку для современных материалов, из которых изготавливаются конструкции радиотелескопов, предельная относительная точность составляет приблизительно $0,5 \cdot 10^{-4}$, то $l_{\max} \approx 2 \cdot 10^3 \lambda_{\min}$. Это соотношение устанавливает связь между минимальной длиной волны, на которой возможна эффективная работа радиотелескопа, и его предельным размером. В частности, для зеркал, образованных поверхностями вращения (сфера, параболоид), величина $2 \cdot 10^3 \lambda_{\min}$ определяет максимальный диаметр зеркала. Так, 22-метровый радиотелескоп Крымской астрофизической обсерватории, рассчитанный на волну 8 мм, является предельно большим параболоидом для своего диапазона волн.

Максимальный размер зеркала радиотелескопа для различных длин волн

Минимальная длина волны	1 см	3 см	5 см
Максимальный диаметр зеркала	20 м	60 м	100 м
Максимальная геометрическая площадь	300 м ²	2800 м ²	7800 м ²



Стремясь увеличить размеры зеркала радиотелескопа, ученые начали поиски новых решений. Одно из них состоит в том, чтобы расчленив отражающую поверхность на отдельные небольшие элементы. Например, можно взять достаточно узкие плоские щиты и, располагая их по окружности большого диаметра или параболы, получить отражающую поверхность в форме кругового или параболического цилиндра. Площадь поверхности будет пропорциональна высоте щитов. Возьмем щиты высотой $2 \cdot 10^3 \lambda_{\text{min}}$. Тогда высота полученной составной поверхности будет равна предельному для данной длины волны технологическому размеру, а горизонтальный размер при достаточном числе щитов может быть во много раз больше. Правда, возникает новая трудность — надо обеспечить точное расположение щитов по расчетной поверхности. Здесь имеются свои ограничения и пределы, однако они менее жесткие. Так, применяя геодезические методы юстировки, которые дают относительную точность около 10^{-6} , то есть в 50—100 раз выше технологической, можно сделать горизонтальный размер составной отражающей поверхности в 50—100 раз больше предельного технологического.

Этот принцип был использован при создании радиотелескопа в обсерватории Огайо (США). Телескоп имеет два отражателя — неподвижный пара-

болический рефлектор (главное зеркало), ось которого лежит в плоскости меридиана, и плоский отражатель, наклон которого к горизонту может меняться. Плоский отражатель направляет лучи от источника, проходящего через меридиан, к главному параболическому рефлектору. Эта система предложена Дж. Краусом и носит его имя. Аналогичный инструмент для миллиметровой области спектра (1—4 мм) построен в горьковском Научно-исследовательском радиофизическом институте.

Радиотелескоп системы Крауса — меридианный инструмент: он позволяет наблюдать радиоисточники только в момент прохождения их через меридиан. У французского радиотелескопа в Нансе поверхность основного отражателя выполнена в форме кругового цилиндра. Поскольку все оси такого зеркала равноправны, на телескопе можно вести наблюдения в пределах довольно широкого угла, $\pm 30^\circ$ от меридиана. При этом вторичное зеркало (облучатель) вместе с радиоприемной аппаратурой передвигается в соответствующую точку на фокальной линии кругового цилиндра. Непрерывное перемещение облучателя позволяет осуществить длитель-

ное сопровождение источника. Так же, как и в оптике, переход от параболического зеркала к круговому расширяет «поле зрения» радиотелескопа, но одновременно вызывает сферическую абберацию, которую необходимо компенсировать. Во французском радиотелескопе это достигается за счет незначительного изменения поверхности плоского отражателя. Таким образом, дополнительные функции у отражателя те же, что у коррекционной пластинки в оптических телескопах системы Шмидта или мениска в системе Максутава.

Подобно тому как проникающая сила оптических телескопов в конечном итоге ограничивается яркостью ночного неба, у радиотелескопов она ограничивается яркостью фона, обусловленного многочисленными слабыми источниками. Существенна не сама яркость фона, а ее флуктуации, связанные с неравномерностями в распределении источников по небу. Пока собирающая поверхность радиотелескопа невелика, предельно обнаружимый поток превышает флуктуации фона. С ростом собирающей поверхности он падает и в конце концов становится равным флуктуациям фона. Теперь уже флуктуации фона, а не чувствительность радиотелескопа, ограничивают возможность наблюдения слабых источников. Поэтому дальнейшее увеличение собирающей поверхности не сопровождается ростом проникающей силы радиоте-

Панорама строительства радиотелескопа РАТАН-600

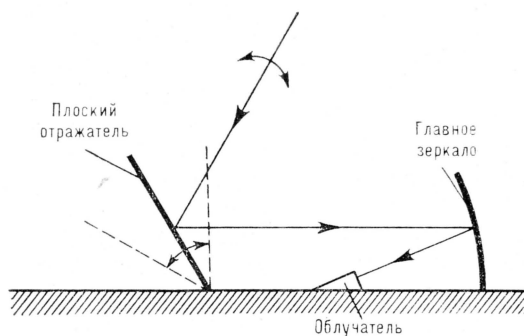
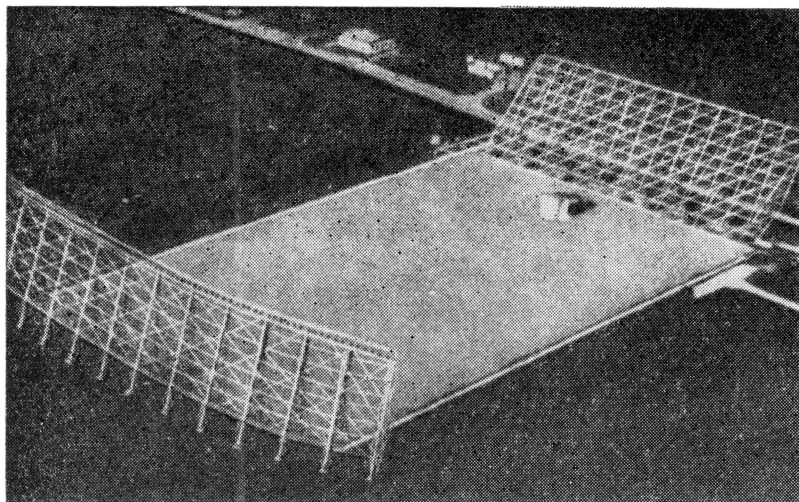


лескопа. Радиоастрономы называют этот эффект насыщением.

Эффект насыщения можно преодолеть и добиться дальнейшего повышения проникающей силы, если радиотелескоп обладает **избыточным разрешением**. У обычного радиотелескопа эффективный телесный угол антенны строго определенным образом связан с ее эффективной площадью. Если бы при заданной эффективной площади удалось сократить телесный угол, то число слабых источников, попадающих в диаграмму антенны, уменьшилось бы и, соответственно, уменьшились бы флуктуации фона.

Существует целый ряд систем с избыточным разрешением. Простейшим примером является двухантенный интерферометр, у которого эффективная площадь определяется площадью составляющих его зеркал, а разрешающая способность — базой интерферометра, то есть расстоянием между зеркалами. Другой пример — австралийский кольцеобразный радиотелескоп, состоящий из 96 антенн диаметром 13 м, которые расположены по кольцу поперечником 3 км. Эффективная площадь этого радиотелескопа равна суммарной площади его зеркал, а разрешающая способность определяется диаметром кольца. Наряду с кольцевыми используются Т-образные и крестообразные системы, а также антенны более сложной конфигурации.

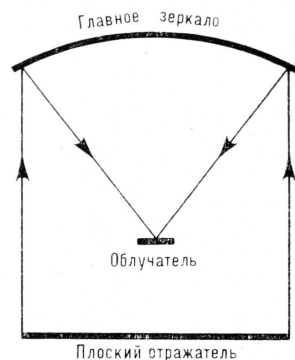
Все эти радиотелескопы состоят из отдельных автономных антенн, соединенных между собой и с приемником кабельными (иногда релейными) линиями передач, по которым транспортируется энергия. Равен-



1

Радиотелескоп системы Крауса, установленный в обсерватории Огайо (США)

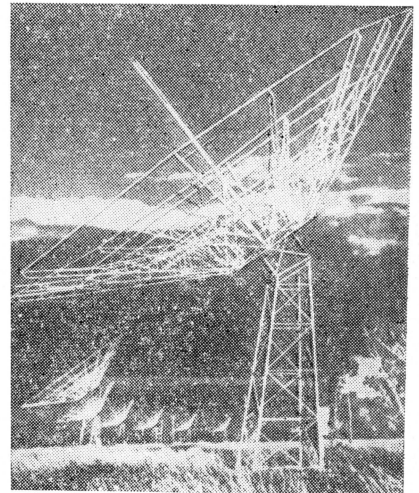
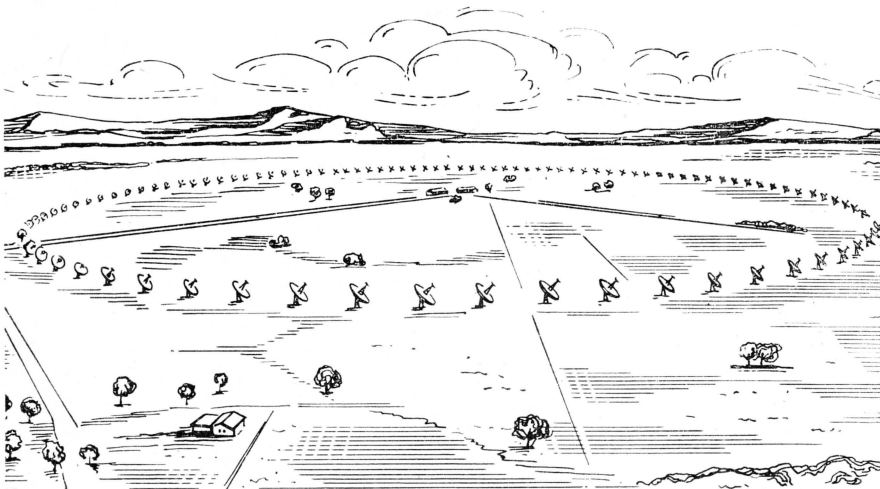
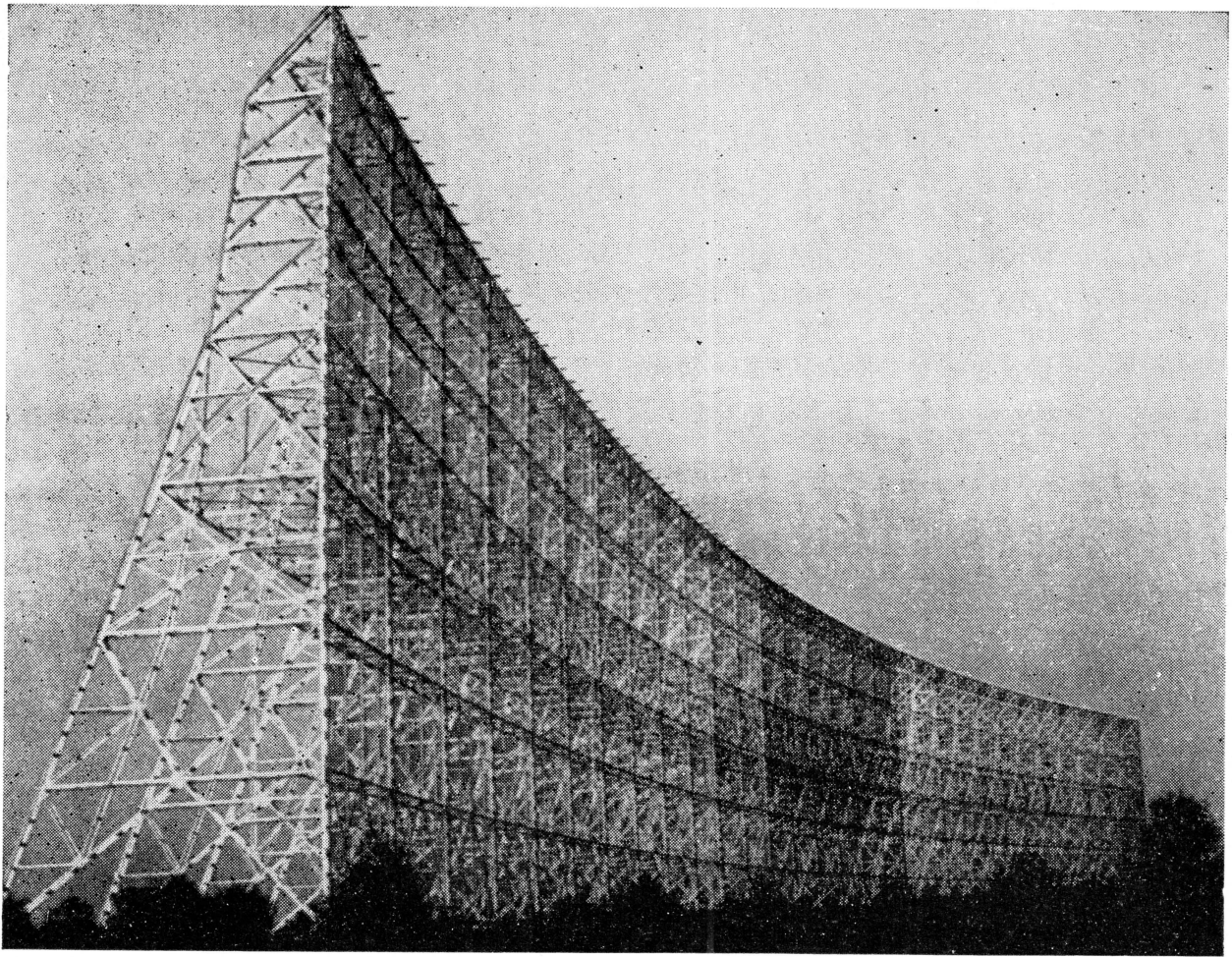
Ход лучей в телескопе системы Крауса: 1 — в вертикальной плоскости, 2 — в горизонтальной



2

Главное зеркало большого радиотелескопа в Нансе (Франция). Поверхность зеркала выполнена в форме кругового цилиндра

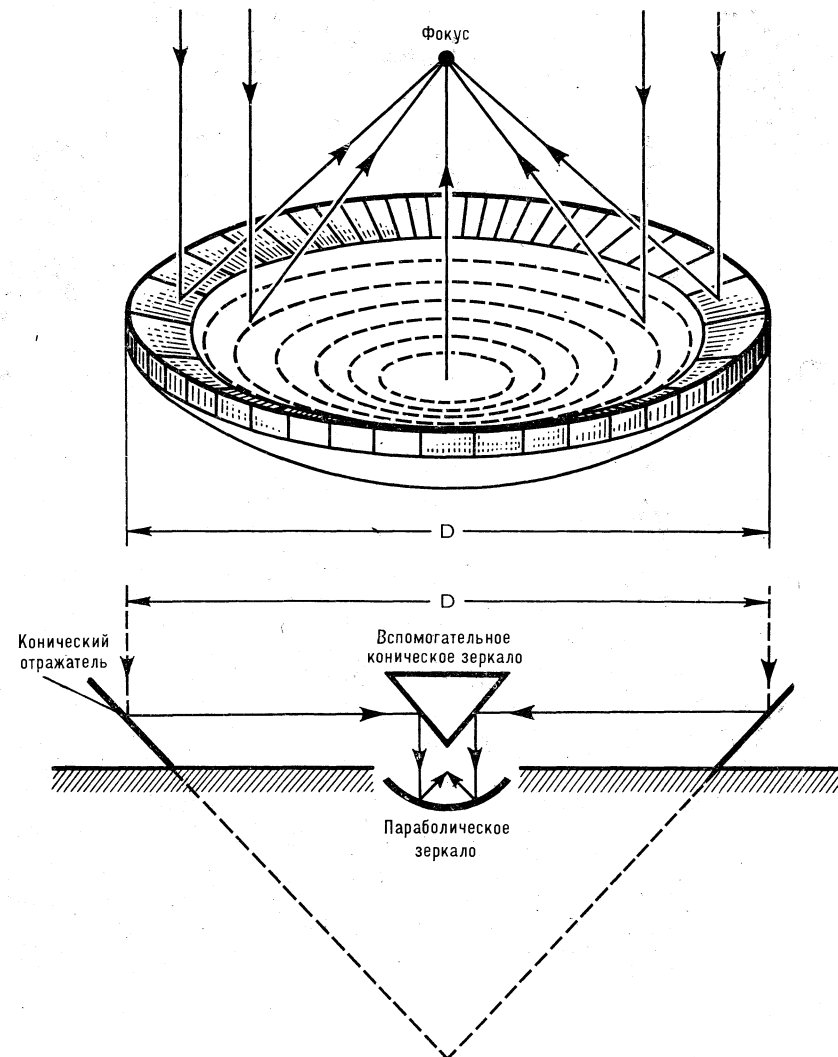
Схема австралийского кольцевого радиотелескопа. 96 антенны установлены вдоль окружности поперечником 3 км. Справа — антенна, диаметр зеркала которой 13 м



ство оптических путей от любой из антенн, входящих в систему, до приемника обеспечивается соответствующим выбором задержек, которые испытывает волна при распространении по линии передач. В этом смысле все указанные системы аналогичны обычной линзе: в ней равенство оптического пути лучей до фокуса (таутохронность) также достигается благодаря соответствующим задержкам при прохождении лучей через линзу. Поэтому такие системы получили название **рефракторных**, в отличие от **рефлекторных**, где таутохронность обеспечивается просто геометрическими свойствами отражающей поверхности.

Хорошо известно, что оптический рефрактор обладает сильно выраженной хроматической аберрацией и поэтому может эффективно работать только в сравнительно узкой области спектра. Этот недостаток в полной мере присущ и радиотелескопам рефракторного типа. Подобные системы — узкодиапазонные, они настроены на определенную длину волны. Переход на другую волну сопряжен со значительными трудностями и требует, по существу, перестройки всего инструмента. По той же причине рефракторные системы являются узкополосными, то есть работают в сравнительно узкой полосе частот, что снижает чувствительность приемной аппаратуры. Поэтому рефракторные системы с успехом применяются для детального изучения структуры сравнительно сильных источников, но они не могут обеспечить предельно высокую проникающую силу.

Для решения этой задачи радиотелескоп должен не только обладать



избыточным разрешением, но и работать в предельно широкой полосе частот. А это возможно лишь в том случае, когда телескоп представляет собой рефлекторную систему. Такая система позволяет не только наблюдать на различных частотах, но и быстро переходить с одной волны на другую. Единственная рефлекторная система с избыточным разрешением предложена советскими учеными Н. Л. Кайдановским и С. Э. Хайкиным в 1954 году — антенна переменного профиля. Такая антенна использована в конструкции радиотелескопа РАТАН-600.

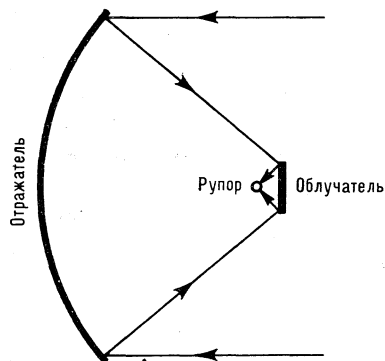
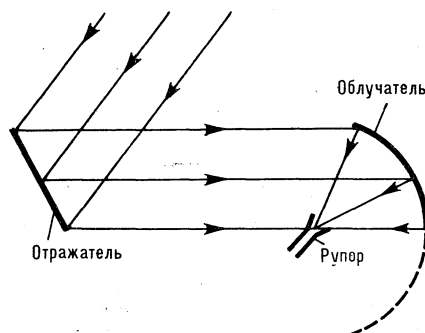
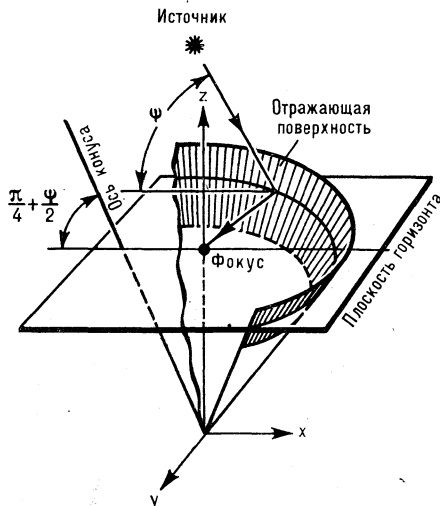
Схема, поясняющая построение рефлекторной системы с избыточным разрешением. Кольцевая периферическая зона зеркала имеет меньшую площадь, но такую же разрешающую способность, как и все зеркало

Фокусировка лучей, отраженных от поверхности кругового конуса с вертикальной осью. Подобная схема используется в радиотелескопе РАТАН-600 при наблюдении источника γ зените

АНТЕННА ПЕРЕМЕННОГО ПРОФИЛЯ

Представим себе гигантское зеркало в виде параболоида вращения или сферы, ось которой направлена в зенит. Угловая разрешающая способность зеркала определяется его диаметром и равна λ/D . Вырежем всю центральную часть зеркала, оставив только узкое кольцо. Собирающая поверхность зеркала, конечно, уменьшится, но его разрешающая сила останется прежней. Следовательно, мы получим рефлекторную систему с избыточным разрешением. Поверхность кольца можно составить из отдельных щитов (секций). Если ширина кольца намного меньше его диаметра, то щиты могут быть плоскими. Тогда они образуют коническую поверхность, мало отличающуюся от поверхности исходного зеркала. Серьезное неудобство подобной конструкции состоит в том, что фокус отражающей поверхности находится высоко над землей (на оси исходного зеркала). Повернем все щиты так, чтобы они образовали угол 45° с горизонтом. Тогда все лучи от источника, находящегося в зените, после отражения от конической поверхности отражателя будут направляться к центру круга, где они могут быть сфокусированы вспомогательными зеркалами.

Хотя площадь полученного кольца много меньше, чем площадь исходного зеркала, тем не менее она значительно превышает технологический предел. Например, при высоте щита 5 м, что вполне позволяет вести наблюдения на миллиметровых волнах, и диаметре кольца 600 м собирающая поверхность равна 10^4 м². Для сплошных зеркал технологический предел



2

даже на волне 1 см, как видно из приведенной выше таблицы, составляет всего 300 м². Таким образом, размер антенны превосходит технологический предел для собирающей поверхности при заданной минимальной длине волны, и, вдобавок, при данной

площади она имеет еще избыточное разрешение, оставаясь в то же время антенной рефлекторного типа.

И все же возможности такой антенны существенно ограничены, ибо с ней удастся наблюдать только те источники, которые проходят через зенит. Как сделать, чтобы антенне были доступны источники в любой точке неба, при любом угле места и любом азимуте? Для этого надо снабдить отдельные элементы, из которых составляется отражающая поверхность, механизмами, позволяющими перестраивать ее форму. В общем случае каждый элемент должен иметь три степени свободы: вращение по углу места, по азимуту и поступательное перемещение вдоль радиуса исходного круга. В отличие от системы Крауса и радиотелескопа, работающего в Нансе, у которых форма отражающей поверхности зеркала остается неизменной (меняется только угол поворота плоского отражателя), в

Геометрия отражающей поверхности антенны переменного профиля. При наблюдении источника под углом ψ к горизонту отражающая поверхность представляет собой эллиптический конус, ось которого лежит в вертикальной плоскости, совпадающей с плоскостью наблюдения, и наклонена под углом $(\frac{\pi}{4} + \frac{\psi}{2})$ к горизонту. Лучи собираются в фокусе эллипса, расположенного в горизонтальной плоскости. Эксцентриситет эллипса зависит от угла места источника

Ход лучей в радиотелескопе с антенной переменного профиля: 1 — в вертикальной плоскости, 2 — в горизонтальной

РАСКРЫВ

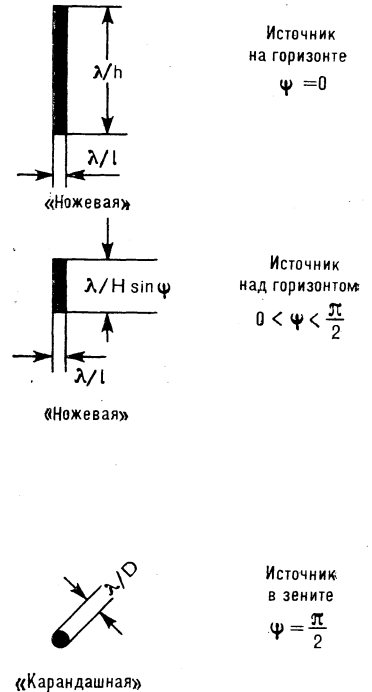
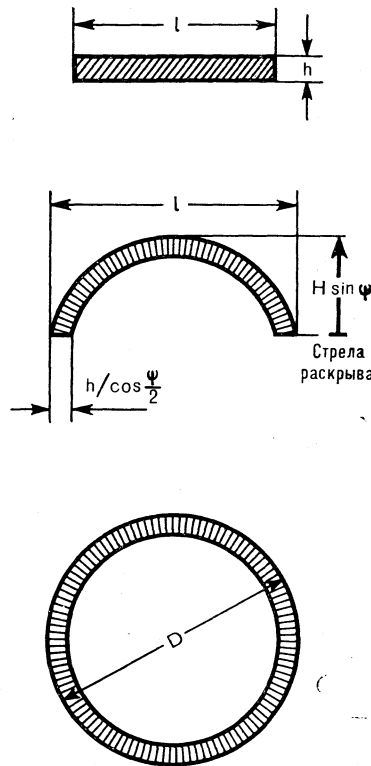
ДИАГРАММА

рассматриваемой системе профиль отражающей поверхности при наблюдении различных источников пере-
страивается. Поэтому она и полу-
чила название **антенны переменного
профиля**.

Коническая поверхность этой ан-
тенны собирает лучи не в точку, а в
линию, представляющую собой про-
екцию образующей на фокальную
плоскость. Для окончательной фоку-
сировки лучей служит вторичное зер-
кало — облучатель. В его фокусе и
размещаются входные устройства
приемника.

Когда источник находится в зените,
при его наблюдении используется
вся отражающая поверхность антенны
переменного профиля, на средних
углах над горизонтом (и на гори-
зонте) — только часть антенны. По-
скольку все это время значитель-
ная часть кольца не работает, ее
можно использовать для наблюдения
еще нескольких источников, распо-
ложенных в различных азимутах. Каж-
дый такой сегмент антенны фокуси-
рует лучи в соответствующей точке
круга, где следует расположить обл-
учатели.

Важной характеристикой радиоте-
лескопа является диаграмма направ-
ленности: от нее зависит угловая раз-
решающая способность инструмента.
Форма и размер диаграммы опреде-
ляются проекцией зеркала на пер-
пендикулярную его оси плоскость,
которую радиоастрономы называют
плоскостью раскрыва. У обычных па-
раболических зеркал проекция пред-
ставляет собой круг того же диаме-
тра, что и зеркало, а диаграмма на-
правленности имеет форму симмет-
ричного луча с угловым раствором



λ/D , где λ — рабочая длина волны,
 D — диаметр зеркала. Это так назы-
ваемая «карандашная», или «иголь-
чатая», диаграмма направленности.
Телескоп способен различать два объ-
екта, находящихся на угловом рас-
стоянии λ/D . У антенны переменного
профиля диаграмма также перемен-
ная и зависит от положения наблю-
даемого источника на небесной сфе-
ре. При наблюдениях на горизонте
антенна имеет прямоугольный рас-
крыв, которому соответствует узкая
«ножевая» диаграмма. Ее размер в
горизонтальном направлении λ/l , в
вертикальном λ/h , где l и h — раз-
меры прямоугольного раскрыва ан-
тенны, причем h равняется высоте
щитов. При наблюдениях под некото-

рым углом к горизонту проекция от-
ражающей поверхности на плоскость
раскрыва соответствует незамкнуто-
му кольцу. Диаграмма направленно-
сти по-прежнему остается «ножевой».
Горизонтальный размер «ножа» оп-
ределяется длиной хорды кольцево-
го раскрыва, а вертикальный — «стре-
лой» раскрыва. С увеличением угла
места источника стрела раскрыва уве-
личивается и вертикальный размер
диаграммы сокращается. При наблю-
дениях источника в зените раскрыв
имеет форму замкнутого кольца, ко-
торому соответствует «карандашная»
диаграмма с углом раствора λ/D , как
для сплошного зеркала того же диа-
метра.

Первый радиотелескоп с антенной
переменного профиля в виде незамк-
нутого кольца был построен в Пулко-
ве в 1956 году. На нем выполнены
многие ценные радиоастрономиче-
ские наблюдения. Этот инструмент и
стал прообразом радиотелескопа
РАТАН-600.

Форма раскрыва и диаграмма на-
правленности антенны переменного
профиля при различных положен-
иях источника на небесной сфере



РАДИОТЕЛЕСКОП-ГИГАНТ

В «Толковом словаре» В. Даля значение слова «Ратан» объяснено следующим образом: «Ратан — черноморская рыбка из рода бычков, каменный бычок, *Gobius ratan*. Ученым не понравилась кличка «бычок», и они для большей сбивчивости придумали свое — «колбень». Спустя почти 100 лет после того как были написаны эти строки, ученые, видимо для того, чтобы окончательно запутать вопрос, назвали тем же словом большой радиотелескоп. Название РАТАН-600 означает: РАдиоТелескоп Академии Наук с диаметром кольца 600 м. На самом деле диаметр кольца несколько меньше — 576 м.

Антенна радиотелескопа РАТАН-600 состоит из кругового и плоского отражателей, а также нескольких вторичных зеркал — облучателей. Круговой отражатель представляет собой антенну переменного профиля. Она собрана из 895 элементов-секций, установленных на кольцевом фундаменте и имеющих три независимых перемещения — вращение по углу места, по азимуту и радиальное перемещение. Плоский отражатель, смонтированный в южной части круга, состоит из 124 секций только с одной степенью свободы — вращение по углу места.

Основной режим работы радиотелескопа таков: ось телескопа направляется в заданную точку неба и наблюдается прохождение радиоисточника через диаграмму антенны. При наблюдениях вблизи горизонта работает почти четвертая часть отражающих элементов. В этом случае на

телескопе можно одновременно выполнять четыре независимые программы наблюдений. Если угол места источника составляет 30° — 80° , то действует треть отражающих элементов и телескоп можно использовать для одновременного наблюдения трех независимых объектов. И наконец, когда источник находится в зените, работает все кольцо антенны, весь круговой отражатель; телескоп имеет «карандашную» диаграмму, равную диаграмме сплошного зеркала диаметром 576 м.

Как же устанавливается ось радиотелескопа в заданную точку неба? Каждый элемент отражателя оборудован сельсинами-датчиками, которые укреплены непосредственно на ходовых винтах угломестных, азимутальных и радиальных приводов, и сельсинами-задатчиками, вынесенными на пульт управления. Еще в то время, когда регистрируется излучение источника, операторы подготавливают инструмент к наведению на новую область неба. Для этого они устанавливают соответствующие отсчеты на шкалах сельсинов-задатчиков и в расчетное время включают цепь электроприводов. Поскольку новое положение сельсинов-задатчиков уже не соответствует положению датчиков, находящихся на ходовых винтах приводов, в электрической цепи возникает сигнал рассогласования, электроприводы приходят в движение, секции кругового отражателя перемещаются по трем степеням свободы до тех пор, пока сигнал рассогласования не будет равен нулю. После этого приводы автоматически отключаются. Сместившись, секции антенны переменного

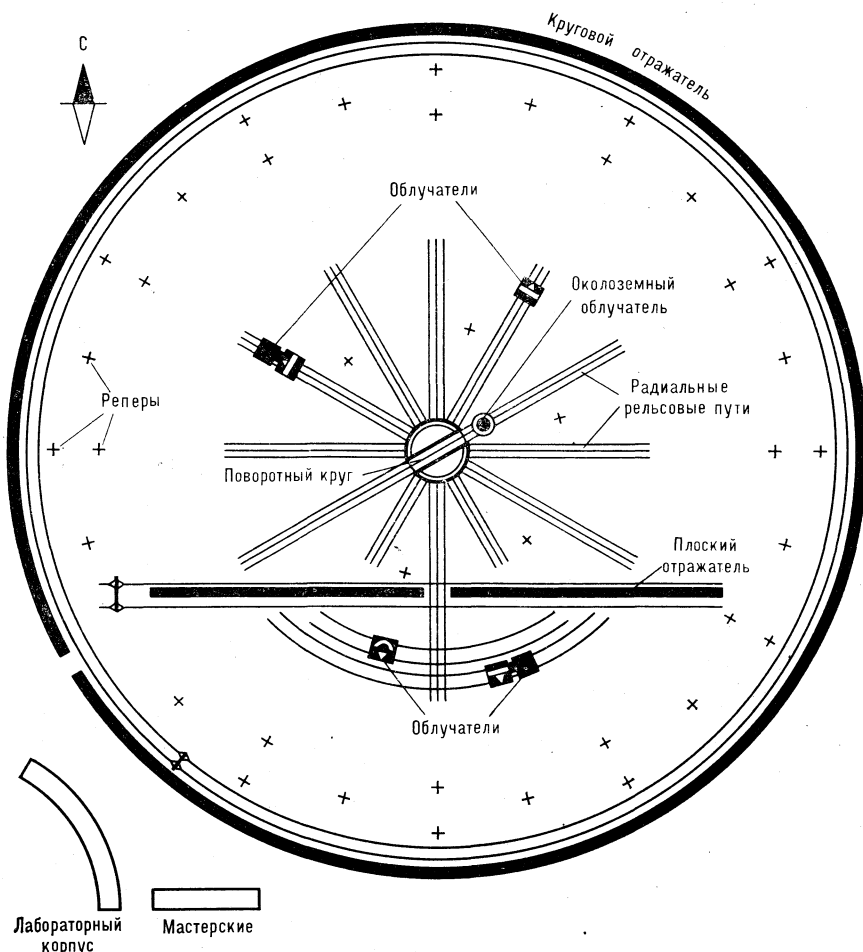
профиля формируют новую отражающую поверхность, ось которой направлена в заданную точку неба.

В фокусе отражающей поверхности располагается облучатель с радиоприемной аппаратурой. Так как положение фокуса антенны переменного профиля меняется в зависимости от координат наблюдаемого источника, облучатель должен перемещаться в различные точки круга. Для этого проложены 12 радиальных рельсовых путей, идут они через 30° по азимуту. Чтобы перевести облучатель с одного пути на другой, используется поворотный круг. Радиоприемная аппаратура установлена в высокочастотной кабине облучателя на подвижной каретке. Перемещение каретки позволяет в небольших пределах осуществлять режим «подслеживания» за радиоисточником, что дает возможность увеличить время накопления сигнала до 1 минуты.

При работе радиотелескопа с плоским отражателем элементы южного сектора кругового отражателя устанавливаются вертикально, образуя отражающую поверхность в форме параболического цилиндра (система Крауса). Ось параболы лежит в плоскости меридиана, телескоп регистрирует прохождение источника через меридиан. Наблюдение при различных углах места обеспечивается наклоном плоского отражателя.

Сочетание кругового и плоского отражателей в южном секторе радиотелескопа РАТАН-600 позволяет осуществить и другие режимы работы, например, обеспечить сопровождение источников в пределах $\pm 30^{\circ}$ от меридиана. Как это делается? Предполагается, что телескоп установлен для

наблюдения данного источника в меридиане. Во время прохождения через меридиан угол места источника меняется мало, поэтому его изображение будет оставаться в горизонтальной плоскости, перемещаясь по фокальной линии кругового отражателя. Чтобы обеспечить сопровождение источника, необходимо передвигать облучатель так, чтобы он все время находился в фокусе отражателя. Однако этого еще недостаточно. Ведь у параболического зеркала хорошее изображение получается только на оси. Если источник отклоняется от оси, начинают сказываться внеосевые aberrации, диаграмма телескопа портится (изображение источника искажается) — при больших отклонениях наблюдение становится практически невозможным. Эту трудность можно преодолеть, перестраивая поверхность кругового отражателя таким образом, чтобы ось параболы непрерывно перемещалась в горизонтальной плоскости в соответствии с изменением азимута источника. Тогда изображение источника при его движении по небесной сфере будет все время находиться на оси кругового отражателя. Соответственно с движением оси зеркала перемещается облучатель по дуговым рельсовым путям, смонтированным в южной части круга. Этот метод сопровождения можно осуществить, только применяя электронную управляющую машину, которая обеспечивает непрерывную перестройку поверхности кругового отражателя по определенной программе. При этом можно также непрерывно корректировать и наклон плоского отражателя в соответствии с изменением угла места источника.



Другой метод сопровождения, не требующий программного управления, подобен тому, который используется в Нансе. Элементы южного сектора антенны переменного профиля устанавливаются так, что они образуют поверхность кругового цилиндра. Для компенсации сферической aberrации служит специальный коррекционный облучатель (аналог коррекционной пластинки Шмидта в оптических телескопах), который перемещается по дуговым рельсовым путям, расположенным за фокальной линией кругового отражателя. Сам же круговой отражатель остается неподвижным.

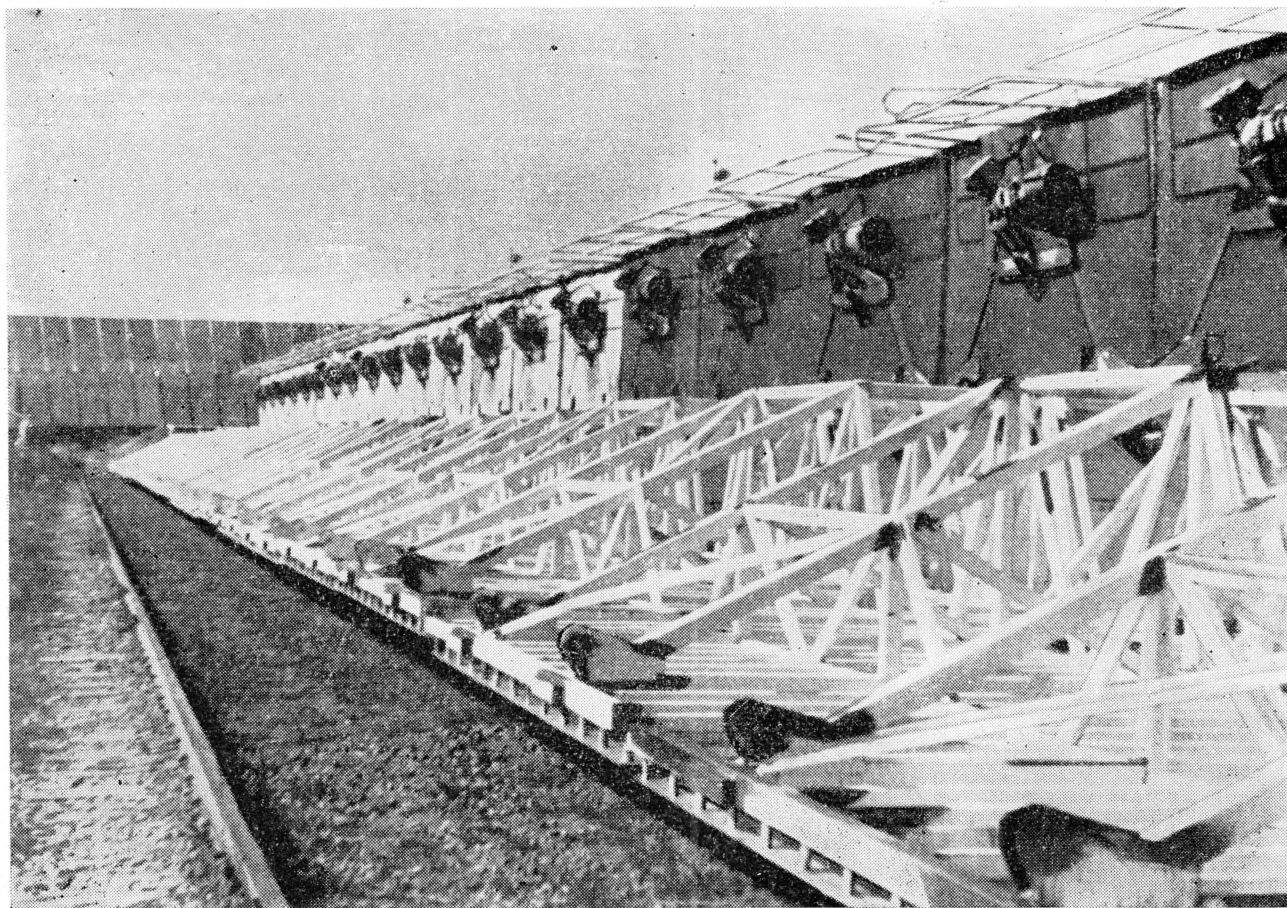
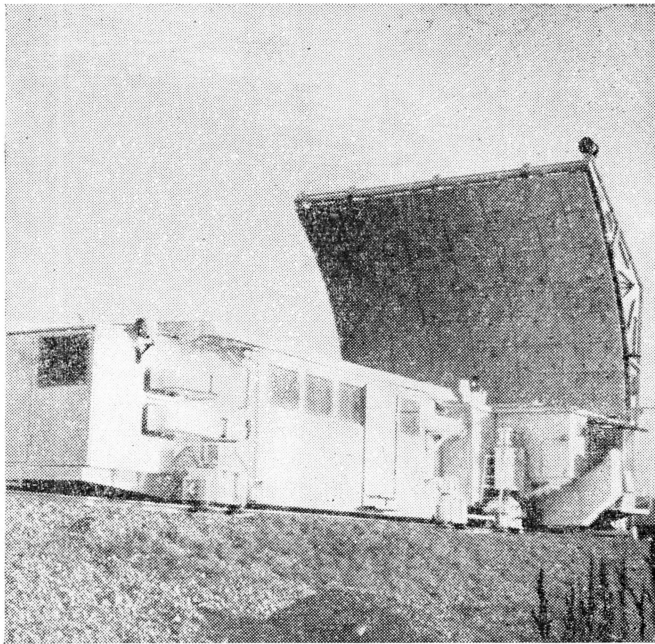
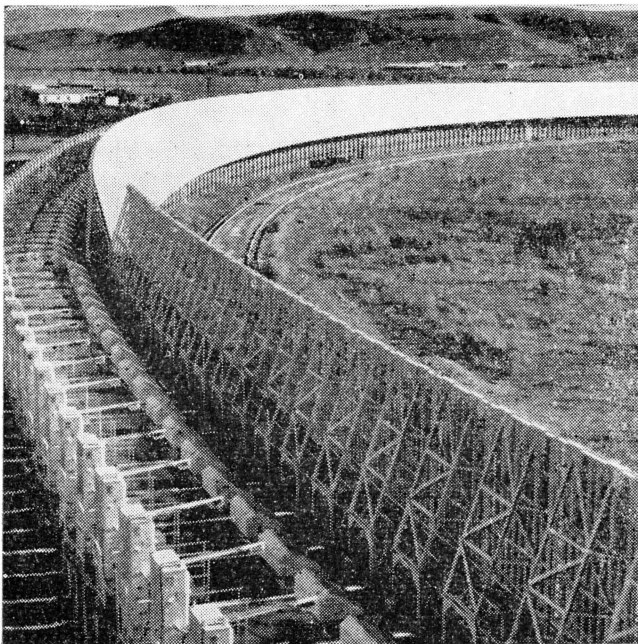
В тех случаях, когда южный сектор кругового отражателя используется в режиме антенны переменного профи-

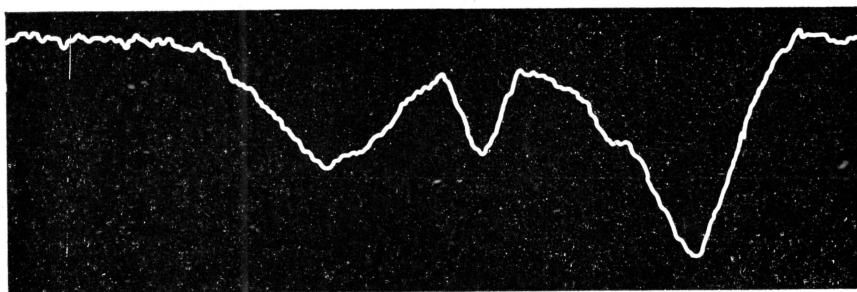
Расположение основных узлов радиотелескопа РАТАН-600

Круговой отражатель радиотелескопа РАТАН-600

Один из облучателей радиотелескопа РАТАН-600

Плоский отражатель радиотелескопа РАТАН-600. Щиты уложены на землю для юстировки





ля (без плоского отражателя) для наблюдения источников в северной части неба, а также, когда работает весь круговой отражатель при наблюдениях источников в зените, элементы плоского отражателя укладываются на землю.

РАТАН-600 разработан коллективом пулковских радиоастрономов под руководством Ю. Н. Парийского и Н. Л. Кайдановского и при участии астрономов Московского университета. В проектировании и сооружении радиотелескопа принимали участие многие организации и предприятия Академии наук СССР, различных министерств и ведомств. Строительство началось в 1968 году. Первая очередь радиотелескопа (северный сектор кругового отражателя) принята в эксплуатацию в 1974 году.

В процессе наладки и пробной эксплуатации инструмента получены ценные научные результаты. Обнаружена «радиогрануляция» Солнца — тонкая структура радиоизлучения в сантиметровом диапазоне волн, по-види-

мому, совпадающая с хромосферной сеткой. На больших угловых расстояниях от Солнца зарегистрировано радиоизлучение короны. Выполнены наблюдения Луны, Венеры, Марса, Юпитера и некоторых спутников планет. Проводились радиоастрономические исследования внегалактических источников — радиогалактик и квазаров. Одновременные наблюдения радиоисточников на нескольких частотах позволили получить их мгновенные спектры и «разделить» источники на отдельные компоненты. Причем между компонентами таких хорошо известных двойных источников, как Ле-

Радиогалактика Центавр А

Запись радиоизлучения источника Центавр А. Хорошо видна структура источника и, в частности, центральная деталь, совпадающая, вероятно, с ядром галактики. Запись сделана 11 октября 1974 года на волне 3,95 см. Наблюдатели Н. С. Соболева и Г. М. Тимофеева

бедь А, обнаружена слабая перемика. В радиодиапазоне был измерен эффект Эйнштейна — отклонение лучей в поле тяготения Солнца. В режиме «подслеживания» реализована чувствительность 0,001 Янских ($1 \text{ Ян-ский} = 10^{-26} \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{Гц}$); точность определения угловых координат по прямому восхождению достигает 0,1'' дуги. По мере ввода в строй других секторов радиотелескопа программа исследований будет расширяться.

На первом этапе телескоп будет работать в полуавтоматическом режиме. В дальнейшем предусматривается полная автоматизация радиотелескопа. ЭВМ будет устанавливать антенну радиотелескопа, управлять работой радиометров и спектрометров, собирать информацию и обрабатывать ее. В перспективе предполагается связать управляющий комплекс РАТАН-600 с основными радиоастрономическими центрами СССР, что позволит эффективнее использовать возможности этого гигантского инструмента.



Доктор физико-математических наук
И. Д. НОВИКОВ

Черные дыры взрываются!

МЕРТВЫЕ ТЕЛА ВСЕЛЕННОЙ

Еще совсем недавно сам факт существования черных дыр во Вселенной казался одним из наиболее фантастических открытий науки. Действительно, что может быть удивительнее бездонной «пропасти», «заглатывающей» все, что в нее падает, и ничего не выпускающей? Существование черных дыр, давно предсказанное теоретически, после долгих поисков, по-видимому, установлено новыми методами наблюдательной астрономии («Земля и Вселенная», № 2, 1973, стр. 7—10.—Ред.).

Напомним, что такое черная дыра. Это — масса, сжавшаяся настолько сильно, что в ее возросшем поле тяготения вторая космическая скорость (которую необходимо придать телу, чтобы оно могло, преодолев силу тяготения, улечь в бесконечность) превышает скорость света. Ясно, что из черной дыры ничего не может вылететь, ибо ничто в природе не способно двигаться со скоростью больше световой. Поле тяготения может стать таким сильным, если тело массой M сжимается до размеров гравитационного радиуса r_g :

$$r_g = \frac{2GM}{c^2},$$

где G — постоянная тяготения Ньютона, c — скорость света.

Согласно теории тяготения Эйнштейна, в сильном поле тяготения вблизи черной дыры геометрические свойства пространства описываются неевклидовой («искривленной») геометрией, а время там течет медленнее, чем вдали, вне сильного поля

Оказалось, что черные дыры — эти мертвые тела, ничего не излучающие, способные лишь захватывать неограниченное количество падающего в них вещества, медленно «испаряются» из-за квантовых процессов. Если масса черной дыры достаточно мала, процесс испарения столь скоротечен, что происходит настоящий взрыв.

тяготения. Темп течения времени определяется формулой:

$$\tau = t \sqrt{1 - \frac{r_g}{r}},$$

где t — время вдали от черной дыры, τ — время на расстоянии r от черной дыры.

Массивные звезды, заканчивая свою эволюцию, превращаются в черные дыры. Что увидит далекий наблюдатель, когда начнется такое превращение?

Звезда после бурных процессов — потери устойчивости и сброса внешних оболочек — быстро сжимается под действием сил тяготения. Но вблизи гравитационного радиуса, поскольку течение времени замедляется, картина сжатия тоже резко замедляется. Звезда бесконечно долго приближается к гравитационному радиусу, она как бы застывает. Видимое излучение звезды быстро затухает и «краснеет», так как фотоны теряют энергию в поле тяготения и в конце концов вообще не могут вырваться из сильного гравитационного поля. Все, что произойдет со звездой после сжатия до размеров гравитационного радиуса, никогда не

увидит внешний наблюдатель. Никакие процессы не в состоянии заставить вещество звезды, превратившейся в черную дыру, вновь расширяться к внешнему наблюдателю. Ведь для этого веществу пришлось бы двигаться со скоростью больше световой! Казалось бы, черные дыры — вечные образования, они никогда не исчезнут и могут только увеличивать размеры за счет падающего в них вещества. При этом возрастают масса черной дыры и, соответственно, гравитационный радиус, характеризующий размер черной дыры.

Но черные дыры вовсе не вечны! Они могут исчезнуть в результате квантовых процессов, идущих в сильных гравитационных полях.

РОЖДЕНИЕ ЧАСТИЦ ИЗ ВАКУУМА

Физический вакуум представляет собой «море» всевозможных так называемых виртуальных частиц и античастиц. В отсутствие внешних полей эти частицы не могут превратиться в реальные. Однако достаточно сильное или переменное поле (например, электромагнитное или гравитационное) может вызвать такое превращение.

Интерес к подобным процессам теоретики проявляли давно. Рассмотрим процесс рождения частиц переменным полем. Именно такой процесс важен в случае гравитационного поля. Известно, что квантовые процессы необычны, часто непривычны для рассуждений с точки зрения «здорового смысла». Поэтому, прежде чем говорить о рождении частиц переменным гравитационным полем, рассмотрим простой пример из ме-

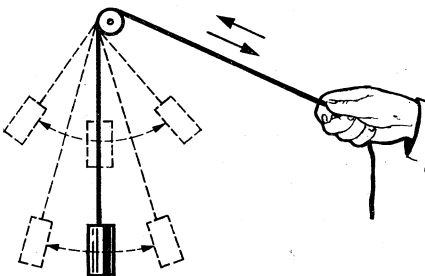
ханики. Он сделает понятнее дальнейшее изложение.

Представим себе маятник. Его подвес перекинут через блок; подтягивая веревку или опуская ее, можно менять длину подвеса. Толкнем маятник. Он начнет колебаться. Период колебаний T зависит только от длины подвеса l :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

где g — ускорение свободного падения. Теперь будем очень медленно подтягивать веревку. Длина маятника уменьшится, уменьшится и период, но увеличится размах (амплитуда) колебаний. Медленно вернем веревку в прежнее положение. Период вернется к прежнему значению, прежней станет и амплитуда колебаний. Подобные изменения амплитуды носят название адиабатических. Если пренебречь затуханием колебаний вследствие трения, то энергия, заключенная в колебаниях, в конечном состоянии останется прежней — такой, как была до всего цикла изменения длины маятника. Но можно так изменять длину маятника, что после возвращения к исходной длине амплитуда его колебаний будет меняться. Для этого надо поддерживать веревку с частотой, вдвое большей частоты маятника. Так мы поступаем, раскачиваясь на качелях. Это явление названо параметрическим резонансом.

Подобным же образом можно «раскачивать» электромагнитные волны в резонаторе. Если в полости с зеркальными стенками и поршнем имеется электромагнитная волна, то, двигая поршень вперед и назад с частотой, вдвое большей частоты



Маятник, подвес которого перекинут через блок. Медленно удлиняя или укорачивая подвес маятника, можно изменить амплитуду колебаний, но при этом энергия, заключенная в колебаниях, останется прежней. Если изменять длину подвеса с частотой, вдвое большей частоты колебаний маятника, энергия колебаний меняется

Резонатор с зеркальными стенками, в котором имеется электромагнитная волна. Если перемещать поршень с частотой, вдвое большей частоты электромагнитной волны, можно изменить амплитуду волны

электромагнитной волны, мы будем менять амплитуду волны. Выбирая различным образом фазу движения поршня по отношению к фазе волны, можно увеличивать амплитуду электромагнитной волны и уменьшать ее. Но если проводить опыты при всех возможных фазах, то в среднем всегда получится усиление волны. Следовательно, неадиабатичность процесса ведет к «накачке» энергии в колебания.

Если в резонаторе имеются волны всевозможных частот, то как бы мы ни двинули поршень, всегда найдется волна такой частоты, которая соответствует характерному времени изменения движения поршня*. Амплитуда этой волны возрастет. На языке квантовой физики увеличение амплитуды означает увеличение числа фотонов в волне. Итак, неадиабатичность процесса вызывает рождение новых фотонов — частиц электромагнитного поля.

После знакомства с этими простыми примерами вернемся к вакууму, к этому «морю» всевозможных виртуальных частиц. Для простоты мы будем говорить только об одном сорте частиц — о виртуальных фотонах, квантах электромагнитного поля. Оказывается, неадиабатический процесс, который в классической физике ведет к усилению уже имеющихся колебаний (волн), в квантовой физике может приводить к «усилению» виртуальных колебаний, то есть к

* Отметим, что в замкнутом резонаторе есть максимальная длина волны, соответствующая размеру резонатора, и, следовательно, минимальная частота волны. Поэтому для накачки энергии нужно двигать поршень с частотой больше минимальной.



превращению виртуальных частиц в реальные. Так, изменение гравитационного поля со временем должно вызывать рождение фотонов с частотой порядка характерного времени изменения поля. Обычно эти эффекты ничтожны, поскольку слабы гравитационные поля. В космологии, однако, вблизи момента начала расширения Вселенной эти эффекты должны быть очень сильны, ибо и сила полей, и скорость их изменения там колоссальны. Возможно, что квантовые процессы вблизи сингулярности определили основные черты сегодняшней Вселенной. Изучение этих процессов было начато Л. Паркером в конце 60-х годов, а сейчас они детально исследуются в работах академика Я. Б. Зельдовича, его ученика А. А. Старобинского и др.

Но не только вблизи сингулярности могут рождаться частицы. Уже давно известно, что частицы могут рождаться вблизи черных дыр. Если тело было заряженным, то после его превращения в черную дыру во внешнем пространстве останется электрическое поле. В достаточно сильном электрическом поле могут рождаться пары заряженных частиц — электроны и позитроны. Такие процессы изучали академик М. А. Марков и его ученики. Рождаются частицы, как показал академик Я. Б. Зельдович, и в поле тяготения вращающейся черной дыры, возникшей из вращающегося тела. Оба процесса вызываются полями **вокруг** черной дыры и приводят к изменению этих полей, но не уменьшают саму черную дыру, не уменьшают размеры области, откуда не выходит свет и любое другое излучение, а также частицы.

ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ — НЕ ВЕЧНЫ

Недавно английский ученый С. Хоукинг показал, что существует квантовый процесс рождения частиц самой черной дырой, ее гравитационным полем, приводящий к уменьшению массы и размера черной дыры. На первый взгляд это кажется удивительным. Ведь при образовании черной дыры все процессы на сжимающейся звезде быстро замедляются, «застывают» для внешнего наблюдателя, гравитационное поле везде становится статическим*. А такое поле рождать частицы не может**. Следовательно, если во время формирования черной дыры переменное поле произведет какое-то (очень малое) количество частиц, то поток этих частиц от возникающей черной дыры, как и все процессы, будет очень быстро затухать по мере приближения поверхности звезды к гравитационному радиусу. Хоукинг же утверждает, что это не так, поток не будет затухать. В чем же здесь дело?

Оказывается, сжимающуюся звезду никогда нельзя считать абсолютно «застывшей». Застывание происходит, и очень быстро, но это только асимптотическое застывание, при котором скорости всех процессов падают примерно вдвое за время τ ,

* Для простоты мы рассматриваем невращающуюся черную дыру.

** Это объясняется совершенно особым характером гравитационного поля по сравнению со всеми другими физическими полями. Сильное постоянное электрическое поле, в отличие от гравитационного, может рождать заряженные частицы.

равное гравитационному радиусу, деленному на скорость света:

$$\tau = \frac{r_g}{c}.$$

Эта величина является постоянной характеристикой скорости замедления процессов. Ясно, что такое, как говорят физики, экспоненциальное замедление будет длиться вечно. С точки зрения всех процессов, кроме квантового рождения частиц, звезду уже через интервал времени, равный нескольким τ , можно считать полностью застывшей. Но для квантовых процессов это не так. Причина заключается в необычных свойствах вакуума. В вакууме движутся виртуальные частицы всех энергий, всех частот. Изменяющееся гравитационное поле внутри застывающей звезды превращает в реальные виртуальные частицы как раз той частоты, которая соответствует характерному времени изменения гравитационного поля внутри сжимающейся звезды*. Но это время не изменяется и всегда равно $\tau = \frac{r_g}{c}$ (мы пренебрегаем очень медленным уменьшением гравитационного радиуса за счет рождения частиц). Следовательно, в поле застывающей звезды рождаются фотоны, имеющие частоту:

$$\nu \approx \frac{1}{\tau} = \frac{c}{r_g}.$$

Конечно, по мере приближения звезды к r_g гравитационное изменение частоты квантов все сильнее. Но в

* Подчеркнем, что поле тяготения переменного именно внутри звезды и постоянно (при сферическом сжатии) вне ее.

«море» виртуальных фотонов всегда найдутся такие, которые с учетом изменения частоты будут иметь $\nu = \frac{1}{\tau}$.

Рождаются при этом и другие частицы (нейтрино, гравитоны) той же частоты, о которых ради краткости мы пока не говорим.

Согласно расчетам Хоукинга, черная дыра массой M (в граммах) рождает частицы точно так же, как абсолютно черное тело, нагретое до температуры $10^{26} \cdot M^{-1}$ К. Излучая частицы, черная дыра теряет массу и уменьшается. Разумеется, это происходит, если на черную дыру не падает извне вещество и излучение, которое, поглощаясь, увеличивает массу черной дыры.

Эффекты рождения частиц для черных дыр, возникающих из звезд массой в несколько солнечных, ничтожны. Так, черная дыра массой в 3 солнечных имеет температуру всего 10^{-7} К. Известно, что Вселенная в настоящее время повсеместно заполнена чернотельным излучением с температурой 2,7 К. По житейским понятиям эта температура крайне мала (-270°C). Но она много выше температуры черных дыр, возникающих из звезд. Такие дыры в реальной Вселенной захватывают гораздо больше чернотельного излучения Вселенной, чем сами теряют на излучение. Их масса сейчас возрастает за счет захватываемого излучения, даже если бы они находились вдали от газовых облаков и другого вещества, которое может падать в них. Только в далеком будущем, когда Вселенная расширится и температура в ней уменьшится, излучение черных дыр, образовавшихся после смерти звезд,

превысит поглощение. Расчеты показывают, что если отсутствуют внешние воздействия, то черная дыра звездной массы «испарится» за

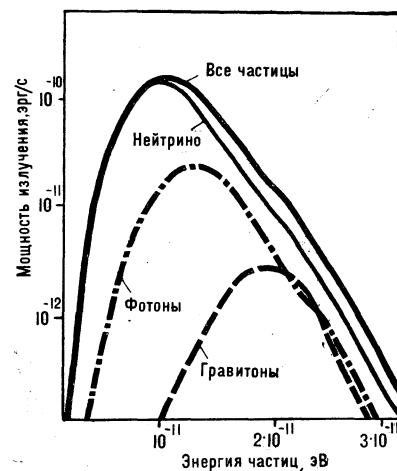
$10^{66} \cdot \left(\frac{M}{M_\odot}\right)^3$ лет (M — масса черной дыры, $M_\odot$ — масса Солнца). Не скоро, но все-таки испарится! Принципиальная важность открытия Хоукинга состоит именно в том, что опровергнуто представление о вечности черных дыр. Они медленно исчезают, превращаясь в тепловое излучение. Медленно затягиваются топологические дыры в пространстве и времени.

По мере уменьшения массы черной дыры в ходе испарения, ее температура нарастает, а значит, и процесс испарения ускоряется. Последние 10^9 г черная дыра излучает за 0,1 секунды. Излученная энергия $Mc^2 = 10^9 \text{ г} \cdot 10^{21} \text{ см}^2/\text{с}^2 \approx 10^{30}$ эрг эквивалентна взрыву одного миллиона мегатонных водородных бомб!

ЧТО ИЗЛУЧАЕТ ЧЕРНАЯ ДЫРА

Черная дыра рождает не только фотоны, но и другие частицы. Сравнительно большие черные дыры* с массой в несколько солнечных обладают столь низкой температурой, что могут производить только безмассовые частицы. Эти частицы всегда летят со скоростью света и не имеют собственной массы покоя. К ним относятся фотоны, электронные и мюонные нейтрино, а также их анти-

* Слово «большие» здесь имеет условный смысл. Напомним, что у черной дыры массой 3 солнечных радиус всего 10 км.



частицы и, наконец, еще неоткрытые гравитоны — кванты гравитационных волн, в существовании которых, однако, никто не сомневается. Черная дыра с массой, типичной для звезд, рождает особенно много нейтрино (81% всего потока) всех сортов, затем фотонов (17%) и гравитонов (2%). Тот факт, что разные частицы излучаются в разных количествах, объясняется различием их свойств. Нейтрино испускается больше всего, потому что их внутренний угловой момент (спин) минимален ($1/2$), а гравитонов — меньше всего, так как их спин максимален (2).

Черные дыры малой массы имеют большую температуру. Так, температура черных дыр с массой меньше 10^{17} – 10^{18} г выше 10^9 – 10^{10} К. Эти черные дыры порождают, помимо перечисленных частиц, электронно-позитронные пары. Заметим, что размеры таких черных дыр составляют всего 10^{-11} см — в 1000 раз меньше размера атома.

Еще меньшие черные дыры с массой меньше $5 \cdot 10^{14}$ г способны излучать также мюоны и более тяжелые элементарные частицы. Размер этих черных дыр уже меньше атомного ядра. Конечно, такие карликовые черные дыры не могут возникать в ходе эволюции звезд. Но их появле-

■ Спектр излучения черной дыры массой 3 солнечных. Максимум излучения всех частиц приходится на 10^{-11} эВ



СВЕРХСИЛЬНЫЕ МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ

В 1975 году были обнаружены три рентгеновских пульсара — самые долгопериодические из всех известных. Период пульсаций одного из них (3U 0900-40) оказался равным 4 минутам 43 секундам. Если этот период обусловлен вращением нейтронной звезды, то почему она так медленно вращается? Ведь ни один радиопульсар не имеет периода более 4 секунд! Объяснить этот феномен попытался советский астрофизик Н. И. Шакура.

Эволюция нейтронной звезды в тесной двойной системе, как считает Н. И. Шакура, делится на три стадии. В первой стадии нейтронная звезда — радиопульсар — быстро тормозит свое вращение до периодов порядка 2—3 секунд. Затем начинается захват вещества второго компонента, который заполняет свою полость Роша. Но это вещество не падает на нейтронную звезду: магнитное поле вращающейся нейтронной звезды действует, как лопасти вентилятора, отбрасывая вещество и передавая ему момент вращения. Нейтронная звезда продолжает тормозиться, увеличивая период своего вращения до минут. Вторая стадия длится несколько сот тысяч лет. Наконец, даже магнитное поле не в силах сдержать падение вещества на нейтронную звезду, и тогда возникает яркий рентгеновский источник. Именно на этой, третьей стадии эволюции, по предположению Н. И. Шакуры, и находится нейтронная звезда в системе 3U 0900-40. Однако параметры системы таковы, что оценки дают для ожидаемой величины магнитного поля на поверхности нейтронной звезды 10^{14} — 10^{15} Гс. Если гипотеза верна, то это — самое большое из известных сейчас магнитных полей.

«Письма в «Астрономический журнал», 11, 1975.

ДВОЙСТВЕННОСТЬ ИСТОЧНИКА ЛЕБЕДЬ X-2

Уже почти десять лет рентгеновский источник Лебедь X-2 отождествлен с оптическим объектом. Но до сих пор не удавалось доказать, что это — двойная система, поскольку оптические и рентгеновские измерения не показывали периодичности ни в лучевых скоростях, ни в изменении интенсивности.

В октябре 1975 года на совещании в Хьюстоне (США), посвященном рентгеновским двойным источникам, К. Шевалье, С. Иловайски, Ж. Брандуарди и П. Сэнфорд сообщили, что период системы Лебедь X-2, наконец, измерен. Наблюдения проводились в 1974—1975 годах одновременно в оптическом и рентгеновском диапазонах. Оптические измерения блеска объекта выполнили К. Шевалье и С. Иловайски в обсерватории Верхний Прованс. Информацию о рентгеновской светимости этого источника Ж. Брандуарди и П. Сэнфорд получали с борта искусственного спутника Земли «Коперник».

Период двойной системы Лебедь X-2 оказался равным 13,6 суток. Оптическая кривая блеска в течение одного периода имеет два максимума и два минимума, амплитуда изменения блеска не превышает 0,4 звездной величины в голубом цвете. В 1974 году рентгеновский поток от источника Лебедь X-2 изменялся за период почти вдвое, причем минимум рентгеновского потока совпадал с оптическим. В 1975 году в рентгеновском диапазоне амплитуда изменения блеска уменьшилась, тогда как средняя рентгеновская светимость увеличилась в 1,5 раза. Средняя же оптическая яркость за это время снизилась на 0,3 звездной величины.

«Workshop Papers for a Symposium on X-ray Binaries», 1975.

ние было возможным в далеком прошлом Вселенной. Если в начале расширения Вселенной, когда вещество было плотным, образовывались черные дыры с массой меньше 10^{15} г (теоретически это возможно, как показали Я. Б. Зельдович и автор статьи), то все они должны к нашему времени испариться. По этой причине процесс, открытый Хоукингом, имеет очень важное значение для космологии.

Скорее в плане мечтаний (хотя и строго научных) можно представить себе в отдаленном будущем искусственное изготовление в Космосе малых черных дыр. Они могли бы аккумулировать энергию, затраченную на их изготовление, и затем излучать ее в заданном темпе и с заданной энергией частиц, которая определяется массой черных дыр. Так, черная дыра с массой 10^{15} г будет испускать 10^{17} эрг в секунду на протяжении 10 млрд. лет.

Много еще неясного в новом явлении. Например, не известно, испаряется ли черная дыра совсем без остатка или на ее месте остается частичка с так называемой планковской массой 10^{-5} г. Неясно, можно ли наблюдать процесс испарения черных дыр во Вселенной. И, конечно, пока только фантастическими представляются какие-либо эксперименты с черными дырами в лаборатории физиков. Однако уже то, что известно, заставляет по-новому осмыслить многие аспекты эволюции материи во Вселенной.



Инфракрасный эксперимент на «Салюте-4»

ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

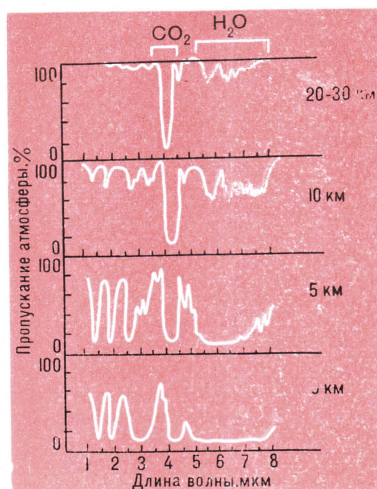
Инфракрасный телескоп-спектрометр, установленный на «Салюте-4», работал на волнах 1—8 мкм. Почему для спектрального эксперимента в инфракрасном диапазоне были выбраны именно эти волны?

Астрономическим наблюдениям с Земли в области спектра 1—8 мкм сильно мешает поглощение атмосферы. В некоторых участках диапазона поглощение столь велико, что даже подняв телескоп на высотном аэростате, мы не избавимся от мешающего влияния атмосферы.

На волнах 1—8 мкм можно изучать молекулярные составляющие земной атмосферы. Здесь находятся особенно мощные полосы поглощения водяного пара (длины волн 5—7 мкм) и углекислоты (4—4,5 мкм). Эти компоненты в основном определяют тепловой режим тропосферы и стратосферы. Проводя спектроскопию дневной и ночной Земли, изучая форму и интенсивность полос водяного пара, можно исследовать состояние и распределение водяного пара в атмосфере вплоть до высот 50—80 км. А на таких высотах прямые измерения (например, метеозондами) осуществлять практически не удается. Между 1 и 8 мкм располагаются также полосы поглощения окиси углерода, окиси азота, сернистого газа, метана — молекулярных соединений, которые рассматриваются как загрязнения в атмосфере.

В области спектра 1—8 мкм можно наблюдать солнечное излучение, отраженное планетой, и ее собственное излучение. Действительно, по спектральному составу отраженное излу-

Около месяца экипаж научной станции «Салют-4» в составе А. А. Губарева и Г. М. Гречко проводил исследования в инфракрасном диапазоне. Получены тысячи спектров земной атмосферы и астрономических объектов.



чение близко к спектру Солнца, и обычно его регистрируют на волнах короче 2—3 мкм. Собственное излучение планеты длинноволновое. Исследовав соотношение интенсивностей и спектр отраженного и собственного излучений, можно судить о тепловом режиме планеты и механиз-

■
Пропускание земной атмосферы в диапазоне 1—8 мкм на разных высотах. Особенно сильно поглощают солнечное излучение в этом участке спектра углекислый газ и пары воды

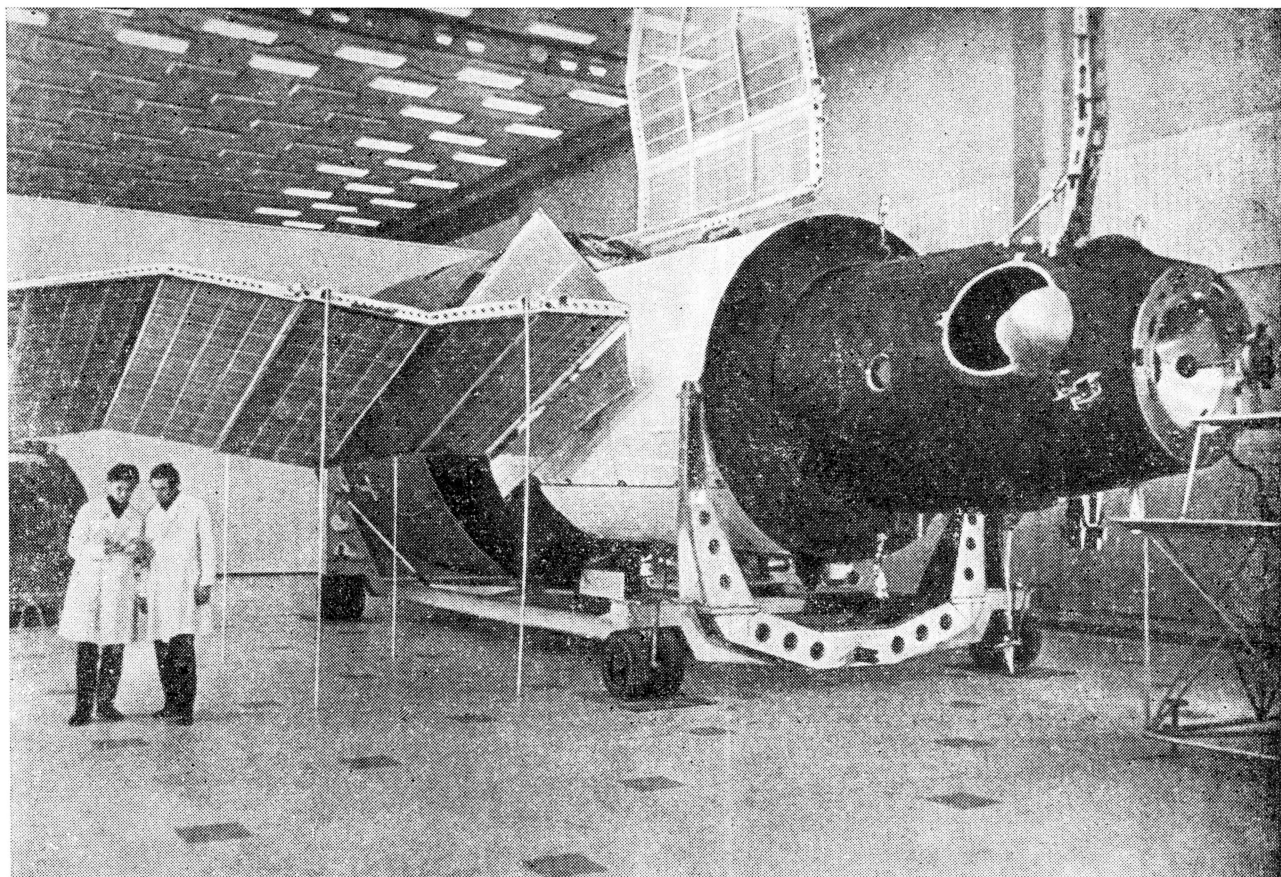
ме его формирования, а значит, и о погоде на нашей планете.

Не только атмосферу Земли, но и свойства лунного реголита можно изучать в этом диапазоне спектра. Даже протозвезды ищут на волнах 1—8 мкм. Так, английские астрономы Д. Эйкен и В. Джонс, измеряя в «окнах прозрачности» земной атмосферы инфракрасный спектр радиотуманности W3, в которой, возможно, находится протозвезда, установили, что ее спектр соответствует излучению абсолютно черного тела с температурой 350 К. Максимум такого излучения приходится на 8 мкм. В местах, где газово-пылевое вещество конденсируется в звезды, обнаружено интенсивное радиоизлучение водяного пара и гидроксидов. Именно к таким объектам и относится радиотуманность W3 в созвездии Кассиопеи. Здесь линии воды и гидроксидов очень узкие и необычайно мощные, характер их излучения мажорный («Земля и Вселенная», № 6, 1966, стр. 9—15; № 1, 1967, стр. 32—33.— Ред.). Если возможно и лазерное излучение паров воды, то его нужно искать на длинах волн 5—7 мкм.

Вода на Земле и в туманности, удаленной от нас на 10 кпс, дневная и ночная Земля, структура земной атмосферы и отражательные свойства лунного грунта — все это исследовалось с помощью инфракрасного телескопа-спектрометра станции «Салют-4».

ИНФРАКРАСНЫЙ ТЕЛЕСКОП-СПЕКТРОМЕТР

Инфракрасный телескоп существенно отличается от инструментов, предназначенных для других областей



спектра. Инфракрасное излучение непосредственно не воспринимается глазом. Поэтому в состав телескопа обязательно входят специальные приемники излучения, а при наведении на исследуемый объект используются источники, часто ничего общего не имеющие с самим «невидимым» объектом,— опорные звезды, край Земли и т. д. Правда, также обстоит дело в рентгеновском или радиодиапазонах. Но ни в одном из этих или каком-либо другом диапазонах на точности измерений не сказывается собственное излучение аппаратуры. Максимум теплового излучения предметов, температура которых близка к нормальной, располагается в инфракрасной области. Интенсивность излучения элементов телескопа (его оптической системы, самого приемника и т. д.) в десятки и сотни тысяч раз превышает исследуемые потоки излучения. Ясно, какие огромные

трудности возникают при измерениях.

Как же на фоне сильных помех выделить слабое инфракрасное излучение исследуемого объекта? На помощь приходит модуляционный метод измерений. Суть его в том, что создаются устройства, периодически прерывающие измеряемый поток, излучение самого прибора не модулируется.

Уменьшает помехи и охлаждение аппаратуры, поскольку при этом снижается интенсивность ее теплового излучения. В ракетных экспериментах уже опробованы инфракрасные телескопы, охлаждаемые до температур жидкого азота и гелия. Охлаждаются оптические системы, механические элементы и привод, приемники. Но достичь того же в

■ *Макет орбитальной станции «Салют-4» в Центре подготовки космонавтов имени Ю. Гагарина.*

Фотохрюяка ТАСС

приборах, функционирующих длительное время, пока не удастся. Здесь ограничиваются охлаждением отдельных элементов, например приемников излучения, что значительно улучшает их чувствительность. И все же чувствительность инфракрасных приемников на много порядков меньше, чем фотоумножителей или радиоприемников. Поэтому конструкторы инфракрасных телескопов стремятся сделать так, чтобы на приемник падал максимальный поток излучения. Угловое же разрешение телескопов невелико. В сущности, эти особенности инфракрасной космической техники и ограничивают задачи исследований. Могут ставиться лишь такие проблемы, для решения которых достаточно углового разрешения $0,1-1^\circ$, причем предпочтение отдается диапазонам, «закрытым» для наблюдений с Земли.

Для станции «Салют-4» был раз-

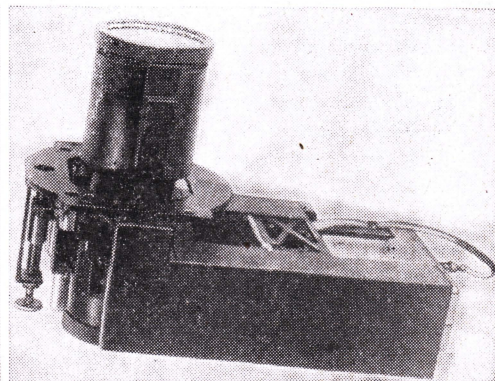
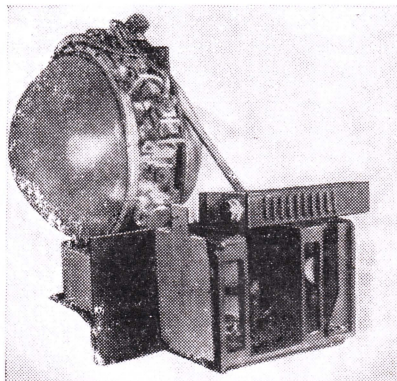
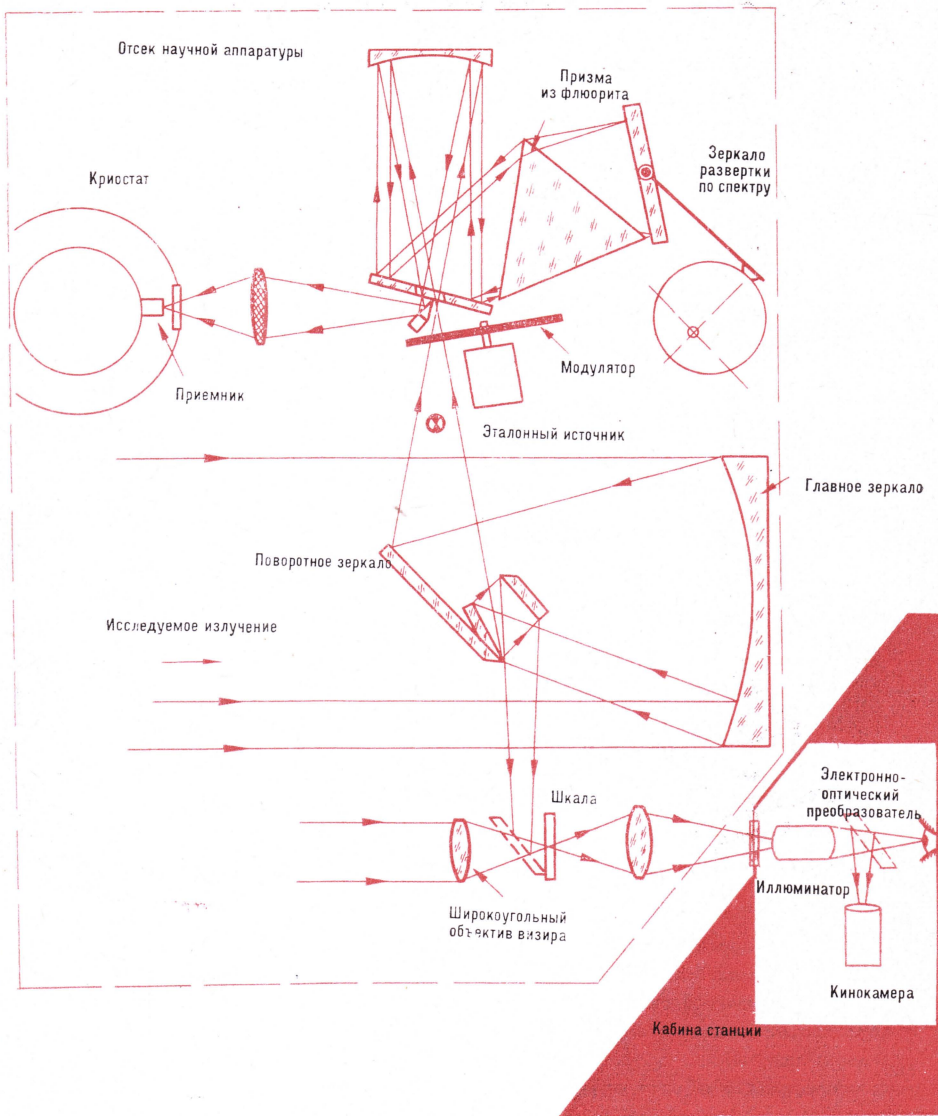
работан и построен в Физическом институте имени П. Н. Лебедева АН СССР ИТС-К — инфракрасный телескоп-спектрометр криогенный. На протяжении нескольких месяцев полета станции чувствительный элемент инфракрасного приемника охлаждался до 50 К в криостате с твердым азотом. Азот сохранялся долгое время в твердом состоянии благодаря испарению в космос. Этот сублимационный аккумулятор холода создан в Харьковском Физико-техническом институте низких температур АН УССР под руководством академика АН УССР Б. И. Веркина.

Как же работает телескоп-спектрометр? Исследуемое излучение попадает на главное зеркало телескопа. (Площадь зеркала 400 см², фокусное расстояние 45 см.) Затем плоское поворотное зеркало направляет излучение на входную щель спектрометра. Перед щелью установлен вращающийся диск с прорезями, который модулирует излучение (частота модуляции 600 Гц). Это излучение призма из монокристалла флюорита разлагает в спектр. Плоское зеркало спектрометра периодически поворачивается на небольшой угол, обеспечивая развертку по спектру за 2,5 секунды. Выходная щель спектрометра проецируется линзовой системой внутрь криостата на чувствительный элемент приемника. Чувствительный

Оптическая схема и ход лучей в телескопе-спектрометре ИТС-К

Блок телескопа-спектрометра ИТС-К со сферическим криостатом

Блок визира телескопа-спектрометра ИТС-К





элемент — кристалл из германия, легированного золотом. Телескоп-спектрометр обеспечивает спектральное разрешение 0,2—0,3 мкм, угловое $8' \times 16'$ при пороговой чувствительности около 10^{-12} Вт/см² для каждого спектрального элемента, регистрируемого за 0,1 секунды. При регистрации слабых источников и времени наблюдения 20—30 минут чувствительность увеличивается примерно до $3 \cdot 10^{-14}$ Вт/см².

Телескопическая система, криостат, спектрометр и усилительное устройство объединены в один блок, находящийся снаружи станции — в отсеке научной аппаратуры. Установить телескоп-спектрометр внутри станции не представляется возможным, поскольку ни стекло, ни кварц не прозрачны в достаточно широком диапазоне инфракрасного спектра. Практически нет материалов, хорошо пропускающих инфракрасное излучение, достаточно прочных в механическом отношении и не гигроскопичных для того, чтобы из них можно было изготовить иллюминатор космического корабля.

Внутри станции «Салют-4» находятся только пульт управления и блок визирования, который помогает контролировать наведение телескопа на исследуемый объект. Два зеркала, расположенные на плоском поворотном зеркале телескопической системы, отвечают часть пучка, которая направляется через обычный иллюминатор внутрь станции на фотокатод электронно-оптического преобразователя. Сюда же широкоугольный объектив проецирует изображение объекта. На экране электронно-оптического преобразователя можно наблю-

дать сразу два поля зрения — 5 и 35°. Оператор видит на экране шкалу с изображением щели спектрометра и два изображения объекта. Разворачивая станцию, он может осуществить грубое наведение телескопа. Уточнить наведение (в пределах 2—3°) можно, слегка поворачивая плоское зеркало телескопической системы. Визир позволяет использовать для наведения яркие источники, которые попадают в 35-градусное поле зрения. Кинокамера снимает изображение с экрана электронно-оптического преобразователя, причем время смены каждого кадра соответствует периоду развертки по спектру (2,5 секунды). Внутри станции располагается и магнитный регистратор, в три канала которого поступает информация (обеспечивается динамический диапазон — отношение максимального сигнала к минимальному — 10^4 и точность регистрации 0,2%). Инфракрасный телескоп-спектрометр весит 65 кг и имеет энергопотребление около 2,5 Вт.

Наблюдения, выполненные с телескопом-спектрометром, еще обрабатываются, но уже получены предварительные результаты об отражательных свойствах Луны в инфракрасном диапазоне и излучении верхней атмосферы.

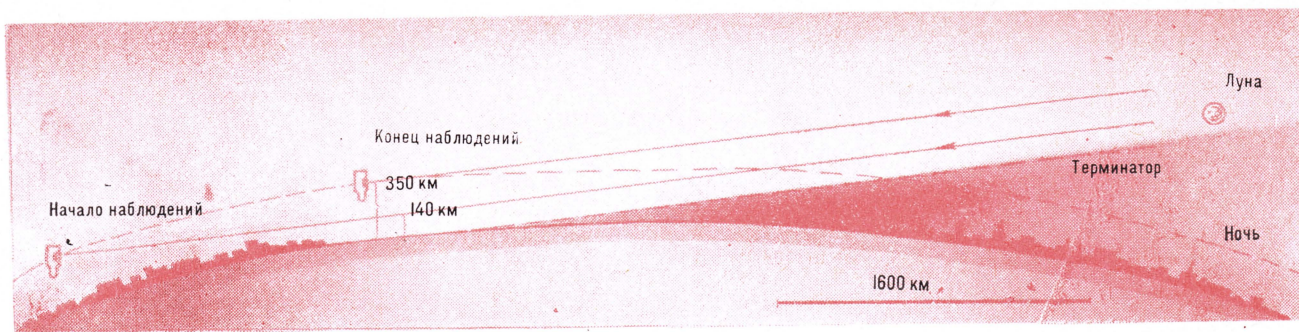
РАБОТА ЭКИПАЖА

Наблюдения Луны А. А. Губарев и Г. М. Гречко проводили 27 января 1975 года в полнолуние, примерно в 18 часов по московскому времени. За несколько минут до наблюдений Г. М. Гречко подготовил к работе аппаратуру телескопа, а непосредственно перед их началом открыл

створку телескопа, включил подсвет шкалы, протяжку магнитной пленки регистратора и пленки кинокамеры. Затем с помощью эталонного источника была прокалибрована приемно-усилительная система телескопа-спектрометра. А. А. Губарев развернул станцию, чтобы оптическая ось телескопа оказалась направленной в сторону Луны. Управляя вручную, он поддерживал такую ориентацию станции в течение 10 минут. Небольшие покачивания станции позволяли ввести Луну в поле зрения телескопа так, что ее изображение то попадало на входную щель спектрометра, то смещалось в сторону. Начало наблюдений (открытие створки телескопа) соответствовало моменту, когда Луна при визировании со станции находилась на высоте 3° над горизонтом Земли.

На кадрах, снятых с экрана электронно-оптического преобразователя, видно, как створка сначала открывает широкоугольный объектив, затем, когда открылось главное зеркало телескопа, появляется крупное изображение Луны. Эти же кадры запечатлели освещенный край Земли, по отношению к которому можно определить высоту Луны, не прибегая к баллистическим расчетам. В течение сеанса наблюдения Луна поднялась над горизонтом более чем на 40°.

В то время, когда изображение Луны смещалось со щели спектрометра, телескоп визировал толщу верхней атмосферы. Одновременно с наблюдениями Луны оказалось возможным сделать вертикальный разрез атмосферы от 140 до 350 км (высота полета станции). Таким образом, в одном сеансе удалось исследовать и верх-



нюю атмосферу и Луну. Необходимо отметить, что этому способствовали достаточный динамический диапазон системы и, конечно, замечательная способность оптической системы телескопа-спектрометра устранять паразитное излучение.

«ИНФРАКРАСНАЯ» ЛУНА

До 1962 года господствовало представление, что Луна в широкой спектральной области — от видимого до радиодиапазона — мало отличается по своим характеристикам от абсолютно черного тела: коэффициент поглощения ее поверхности велик (около 100%), соответственно, отражательная способность низка и слабо изменяется с длиной волны. Хотя было ясно, что слагающие лунный грунт минералы могут иметь свойственные только им полосы отражения, предполагалось, будто из-за сильной раздробленности поверхностного слоя эти полосы не проявляются в спектрах. Однако в 1962 году М. Н. Марков и В. Л. Хохлова, наблюдая Луну во время солнечного затмения, обнаружили, что в узком «окне прозрачности» около 3,5 мкм Луна в среднем отражает 30—40%, а на некоторых больших участках до 90% падающей радиации Солнца. Измерения, выполненные под руководством А. И. Лебединского на межпланетной станции «Зонд-3», показали, что такое же явление наблюдается и на обратной стороне Луны. Согласно лабораторным исследованиям спектров лунного грунта, доставленного «Луной-16», «Луной-20» и экспедициями «Аполлон», отражательная способность реголита достигает максимума в диапазоне 4—5 мкм. Для всех

лунных образцов коэффициент отражения не превышал 40% (у реголита материков он больше, чем у реголита морей). Был установлен механизм образования этой полосы отражения, форма которой зависит от состава грунта (базальт, анортозит) и его механического состояния (степень раздробленности, связь между частицами и т. д.).

Инфракрасный спектр Луны, измеренный телескопом-спектрометром «Салют-4», согласуется с астрономическим и лабораторным спектрами. Максимум отраженного излучения находится между 4—5 мкм. Судя по наибольшей величине отражательной способности, спектр, построенный по результатам наблюдений на «Салюте-4», ближе к астрономическим данным. А это означает, что оптические свойства реголита в инфракрасном диапазоне несколько различны для естественного залегания и для перемешанного, взболтанного порошка, каким его доставляют на Землю.

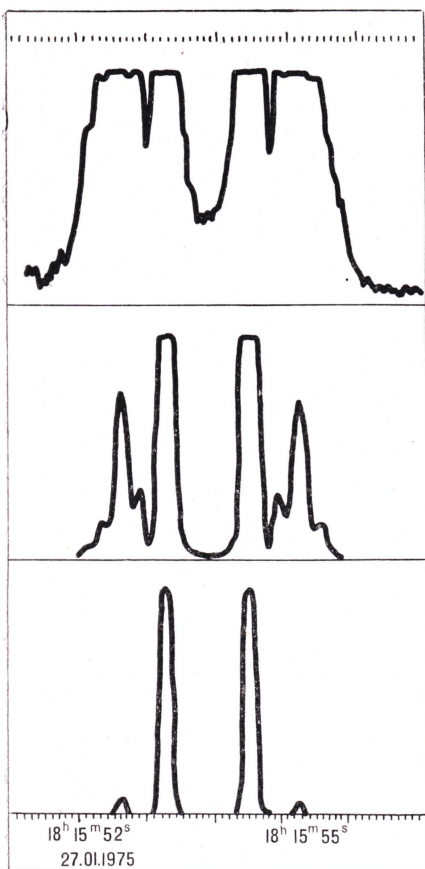
СВЕЧЕНИЕ ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЫ И ПОГОДА НА ЗЕМЛЕ

Верхняя атмосфера — среда «обитания» искусственных спутников Земли, поэтому средние параметры атмосферы, определяющие вариацию орбит спутников, известны достаточно хорошо. Большую роль в построении модели верхней атмосферы сыграли эксперименты с масс-спектрометрами. Установленные на ракетах и спут-

никах масс-спектрометры определили состав верхней атмосферы. Измерялись также плотность и спектры заряженных частиц, напряженности магнитного и электрического полей и т. д. Менее изучена высотная и географическая структура верхней атмосферы. До недавнего времени основным структурным индикатором были различные коротковолновые эмиссии атмосферы — свечение полярных сияний, слоев в атмосфере и т. д. В 1965 году обнаружили, что инфракрасное излучение молекул (измерялся поток в диапазоне до 40 мкм) намного превышает эмиссии в других областях спектра. Интенсивность этого инфракрасного свечения оказалась сравнимой с энерговыделением процессов, которые происходят в верхней атмосфере, — ионизации, химических реакций и т. д. Стало очевидным, что инфракрасное излучение играет важную роль в тепловом режиме верхней атмосферы, а возможно, и в формировании погоды на Земле.

Несколько лет назад член-корреспондент АН СССР Э. Р. Мустель, проведя статистический анализ, показал связь активных процессов на Солнце и метеорологических явлений. Интересно установить механизм этой связи. При возрастании солнечной активности увеличивается поток заряженных частиц, выбрасываемых Солнцем в окружающую среду. Заряженные частицы достигают Земли и теряют свою энергию на высотах 100—200 км, передавая ее газу верхней атмосферы. Что же происходит с этой энергией дальше? Важное звено солнечно-земных связей «верхняя атмосфера — тропосфера» пока не

Наблюдения Луны и земной атмосферы на высотах от 140 до 350 км со станции «Салют-4»

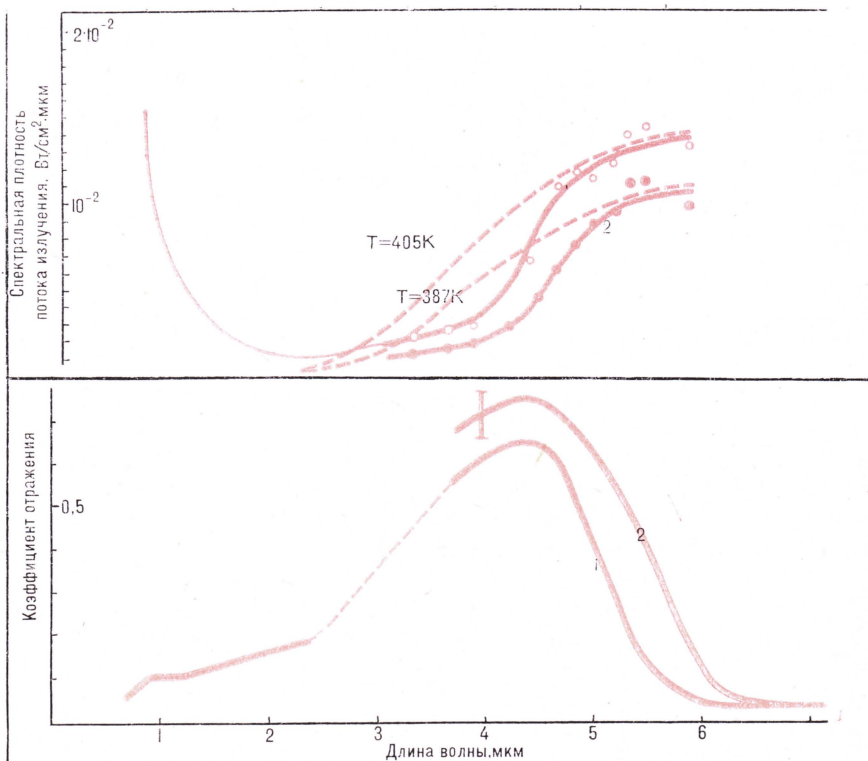
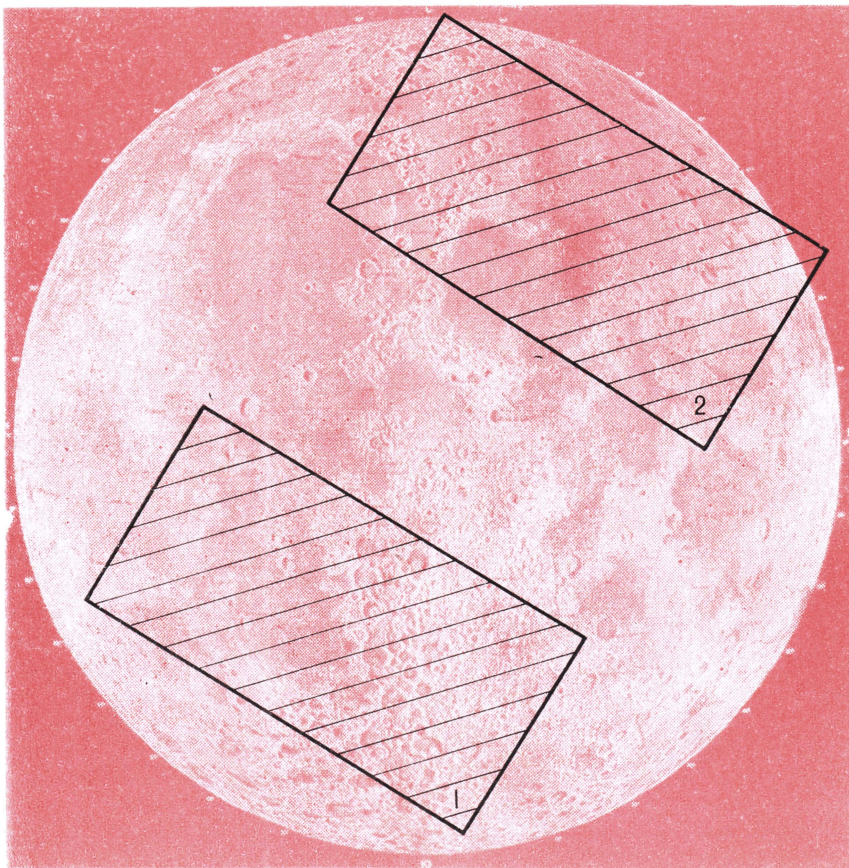


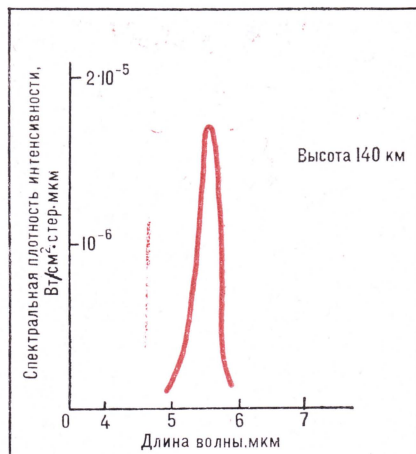
Фрагмент записи инфракрасного излучения Луны 27 января 1975 года в трех каналах магнитного регистратора (переписано с магнитной ленты на бумажную)

Луна. Заштрихованные области исследовались в инфракрасном диапазоне с «Салюта-4»

Спектр излучения Луны в инфракрасном диапазоне. Кривые 1 и 2 соответствуют участкам, отмеченным на предыдущем рисунке. Спектр излучения Луны хорошо согласуется со спектральным распределением излучения абсолютно черного тела с температурой 405 и 387 К (пунктир) и результатами наземных наблюдений (тонкая линия)

Инфракрасный спектр Луны. Максимального значения коэффициент отражения достигает на длинах волн 4—5 мкм. Кривые 1 и 2 соответствуют тем же участкам, что и на двух предыдущих рисунках





изучено. Возможно, что справедлива гипотеза, согласно которой энергия корпускулярных потоков преобразуется в инфракрасное молекулярное излучение. Оно практически полностью достигает тропосферы и стратосферы, где поглощается, и выделяющаяся энергия активно воздействует на погоду. Разумеется, мощность инфракрасного излучения несравнима с мощностью погодообразующих процессов, но в атмосфере могут действовать «курковые» эффекты. Ведь для атмосферы характерно состояние неустойчивого равновесия, и небольшого толчка достаточно, чтобы привести в движение огромные воздушные массы, образовать циклонические вихри и т. п. Таким обра-

Спектр излучения окиси азота в термосфере Земли. Свечение верхней атмосферы в инфракрасном диапазоне обусловлено в основном этой молекулой

зом, вся цепь «солнечная активность — погода» как будто бы находит объяснение.

Теория указала на те компоненты атмосферы, которые могут играть определяющую роль в инфракрасном излучении, это — окись азота, окись углерода, изотоп молекулы азота. Однако выделить основную молекулу и однозначно установить механизм излучения теория оказалась не в состоянии. Только спектральное исследование излучения верхней атмосферы могло бы дать окончательный ответ. Такие исследования и были осуществлены экипажем научной станции «Салют-4».

Со станции «Салют-4» был получен спектр инфракрасного излучения верхней атмосферы, соответствующий высоте 140 км. Поскольку излучение концентрируется в интервале длин волн 5,1—5,6 мкм, наиболее вероятным излучателем следует считать молекулу окиси азота. Таким образом, основным компонентом, ответственным за инфракрасное излучение верхней атмосферы, является окись азота. Так обстоит дело по крайней мере в средних и низких широтах, где проводились измерения.

Пока обработана лишь малая часть всех полученных в полете «Салюта-4» материалов. Но уже ясно, что их значение велико. Ведь и поверхностный слой лунного грунта, и вещество верхней атмосферы сейчас можно рассматривать как «лабораторные» образцы при изучении далеких и пока недоступных планет и межзвездных конденсаций.

НОВЫЙ АСТЕРОИД

Первый астероид, открытый в 1976 году и получивший предварительное обозначение 1976 AA, оказался первой малой планетой, у которой среднее расстояние от Солнца меньше, чем у Земли.

Эту замечательную малую планету обнаружила Э. Хелин на пластинках, снятых 7, 8 и 9 января 1976 года на 18-дюймовом телескопе Шмидта Паломарской обсерватории. Астероид был замечен вблизи звезды γ Близнецов. Он имел 13 или 14 звездную величину и двигался в северо-западном направлении, проходя за сутки около 2°. От Земли его отделяли 19,2 млн. км.

Орбиту нового небесного тела вычислил Б. Марсен по данным 27 наблюдений, продолжавшихся с 7 по 19 января 1976 года. Марсен установил, что среднее расстояние астероида от Солнца равно 0,96600 а.е. (143,68 млн. км), а орбитальный период составляет 346,8 суток! Перигелий своей орбиты астероид прошел 20 мая 1976 года. В это время он находился в 0,79059 а.е. от Солнца — немного дальше орбиты Венеры. Афелий своей орбиты на расстоянии 1,14141 а.е. астероид достигнет 9 ноября 1976 года.

Поскольку период обращения астероида меньше земного года, он успевает сделать 20 оборотов вокруг Солнца за то время, как Земля — 19. И хотя астероид в своем движении не отклоняется сильно от орбиты Земли, расстояние между ним и Землей в последние годы увеличивалось. Очередное тесное сближение астероида с Землей произойдет в 1990 году.

Спектрофотометрические исследования показали, что поверхность новой малой планеты имеет сходство с метеоритами, известными как углистые хондриты. Поперечник планеты около 3,2 км.

«Sky and Telescope», 51, 3, 1976.



Автоматизация в наблюдательной астрономии

СТУПЕНИ АВТОМАТИЗАЦИИ

История автоматизации человеческой деятельности насчитывает многие тысячелетия и восходит, вероятно, к тем далеким временам, когда наш гениальный предок соорудил простейший капкан. Усложнение автоматических устройств постепенно привело к созданию электронных вычислительных машин (ЭВМ). Одновременно путь поиска максимальной простоты и надежности автоматов подарил человечеству мышеловку и множество других незаменимых автоматических устройств. В научных экспериментах, как и в других сферах человеческой деятельности, все шире используются автоматические устройства самого различного назначения и уровня сложности.

По характеру выполняемых функций автоматические устройства, применяющиеся в научной практике, можно разделить на три основные группы. К первой группе относятся автоматы, освобождающие руки экспериментатора. Они заменяют человека при выполнении операций, которые требуют мускульных усилий. Классическим и, по-видимому, первым таким автоматом стала «параллактическая машина» Ж. Кассини. В ней, как и в телескопах конца XIX — начала XX века, слежение за небесным объектом осуществлялось часовым механизмом, вращающим инструмент с постоянной скоростью вокруг полярной оси.

Во вторую группу входят автоматы, призванные выполнять работу, которая состоит из большого числа однообразных операций. Как правило, автоматы делают ее быстрее челове-

Автоматизация в астрономии прошла долгий путь от часового механизма для ведения телескопа до специализированных ЭВМ, которые становятся незаменимыми участниками астрономических наблюдений.

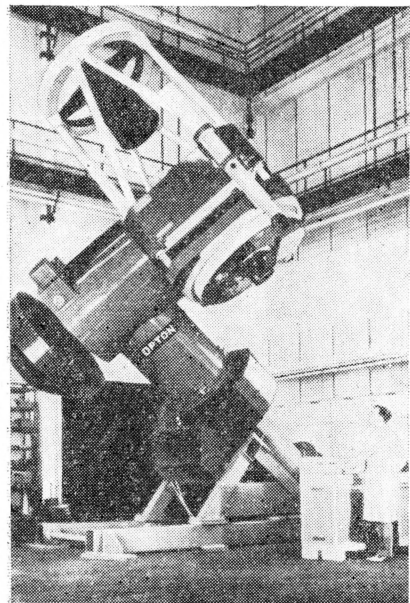
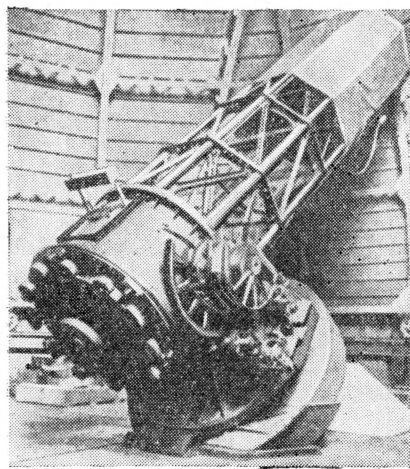
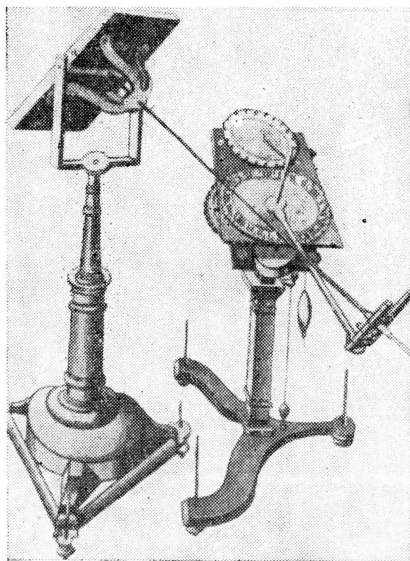
ка и с меньшим количеством ошибок. Особенно эффективным оказалось применение автоматизированных устройств для предварительной обработки результатов эксперимента. Рассмотрим, к примеру, как количественно исследуется распределение интенсивности свечения в галактике по ее фотографическому изображению. Для этого обычно строится система изоденс, то есть кривых равного почернения негатива. Чтобы получить изоденсу, необходимо измерить на микрофотометре степень почернения во многих сотнях точек по всей площади изображения. Затем отобрать все точки с заданной степенью почернения и соединить их между собой. Построение же полной системы изоденс — многодневная работа для квалифицированного обработчика. Современный автоматический микрофотометр может менее чем за час выполнить все необходимые измерения негатива и графически построить систему изоденс. Хотя автоматы первой и второй групп часто увеличивают точность выполнения операций, они всего лишь экономят время и силы экспериментатора.

Существуют, наконец, автоматы третьей группы. Это устройства, способные решать задачи, которые вы-

ходят за рамки человеческих возможностей. Возможности человека при управлении сложным процессом ограничены прежде всего конечным и довольно большим (доли секунды) временем реакции. Кроме того, невелико количество каналов внешней разнородной информации, которую человек может одновременно анализировать. Трудно представить себе человека более «способного» в этом отношении, чем Юлий Цезарь: он мог одновременно читать, писать и разговаривать, то есть перерабатывать информацию по трем независимым каналам. ЭВМ может одновременно получать разнородную информацию по десяткам каналов и, используя ее, решать несколько задач. Вместе с высоким быстродействием (до нескольких миллионов операций в секунду) эти возможности ЭВМ позволяют создавать автоматизированные системы для контроля и управления сложным экспериментом «в реальном времени» — непосредственно в процессе работы. Примером такой системы могут служить крупные ускорители, в которых управление движением пучка элементарных частиц осуществляется с помощью ЭВМ.

Автоматизация астрономических наблюдений началась с применения автоматов первой и второй групп. На этом этапе были созданы механические, а затем и электрические устройства автоматического ведения телескопа. С появлением фотоэлектрических приемников света стали использоваться автоматические приборы для регистрации и предварительной обработки данных.

Увеличение размеров телескопов и их сложности, разработка новых



методов астрономических наблюдений привели к тому, что современный крупный телескоп стал сложным комплексом с большим количеством устройств разного назначения. Управление таким комплексом уже требует участия ЭВМ. В ближайшее время в нашей стране и за рубежом вступят в строй несколько телескопов с комплексной автоматизацией. Рассказать о каждом из них в статье невозможно, поэтому в дальнейшем мы будем говорить о некотором «обобщенном» телескопе конца 70-х годов.

ЭВМ ВМЕСТО ЧАСОВОГО МЕХАНИЗМА

Рассмотрим, как участвует ЭВМ в управлении положением телескопа. Чтобы навести телескоп на небесный объект, наблюдатель вводит в ЭВМ с пульта управления координаты объекта, взятые из каталога. Для текущих значений звездного времени, которые поступают с кварцевого хронометра, ЭВМ рассчитывает координаты объекта на небе. Инфор-

мация о положении телескопа поступает в ЭВМ с установленных на его осях прецизионных датчиков угла поворота. Сравнивая действительное положение телескопа с желаемым (соответствующим направлению на объект), ЭВМ вырабатывает команды исполнительным механизмам, приводящим телескоп в движение.

Чтобы обеспечить высокую точность наведения телескопа на объект, необходимо учесть поправку на атмосферную рефракцию. Эта поправка зависит от зенитного расстояния и метеорологических условий. Поэтому ЭВМ должна регулярно получать информацию о температуре, давлении и влажности воздуха от автоматической метеостанции. Для крупных телескопов необходимо учитывать деформации конструкций, несущих главное и вторичное зеркала. Учет в ЭВМ всех этих поправок позволяет наводить телескоп на объект с ошибкой менее $10''$.

Телескоп на параллактической монтировке имеет две взаимно перпендикулярные оси вращения — полярную, параллельную оси вращения Земли, и ось склонений. Поворот вокруг каждой из осей осуществляется двумя механизмами. «Грубое», быстрое движение используется для наведения на объект и для часового ведения — равномерного вращения телескопа вокруг полярной оси. «Тонким» движением по обеим осям компенсируются ошибки часового ведения, изменения атмосферной рефракции и гнутый телескопа. Часто гидирование, то есть внесение «тонких» поправок в движение телескопа, осуществляет наблюдатель. Однако с гидированием успешно

■ ■ ■
Совершенствование устройств автоматического ведения астрономических инструментов (сверху вниз): гелиостат Гравенсанда — один из первых инструментов, в котором был применен часовой механизм (XVII в.); 60-дюймовый рефлектор обсерватории Маунт Вилсон имел доведенный до совершенства привод с часовым механизмом, вращающий многотонную конструкцию телескопа (начало XX в.); современный 1,2-метровый телескоп фирмы «Оптон» имеет электрический привод и цифровые датчики углов поворота, которые рассчитаны на управление инструментом с участием ЭВМ

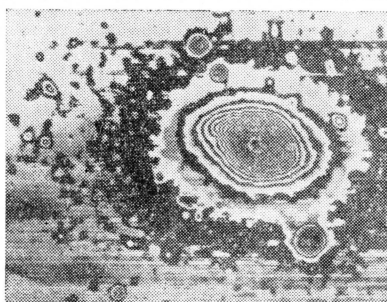
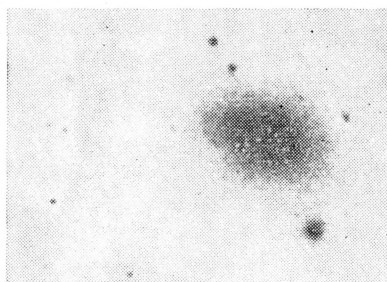
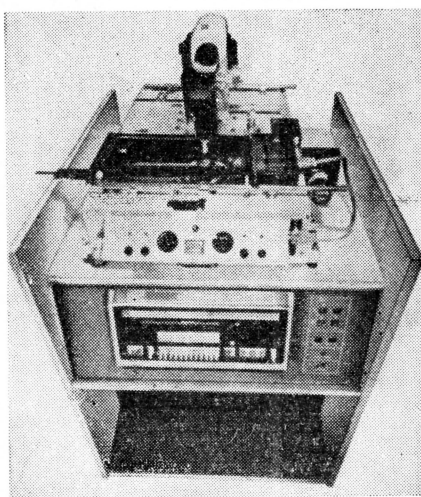
справляются и автоматические устройства — фотогиды.

Фотогид состоит из небольшого телескопа (гида), установленного на основном инструменте, и фотоэлектрической системы. При появлении ошибки ведения звезда, по которой идет гидирование, смещается в фокальной плоскости гида относительно своего начального положения. Фотоэлектрическая система вырабатывает электрический сигнал рассогласования, содержащий информацию о направлении и величине смещения. Электронная следящая система превращает сигнал рассогласования в команды управления механизмами «тонкого» движения, которые исправляют ошибку и возвращают звезду в начальное положение. Современные системы ведения телескопов с автоматическим гидированием позволяют сопровождать объект с ошибками не более $0,1''$.

ЭВМ — УЧАСТНИК ЭКСПЕРИМЕНТА

Автоматизация астрономических наблюдений тесно связана с появлением и совершенствованием фотоэлектрических методов, поэтому, рассказывая о ней, нам придется затрагивать принципы действия некоторых фотоэлектрических приемников.

Наиболее распространены в астрономической практике фотоэлектронные умножители. Основной их частью является фотокатод — слой светочувствительного материала, помещенный внутри вакуумной колбы. Кванты света, попадая в фотокатод, поглощаются в нем и передают свою

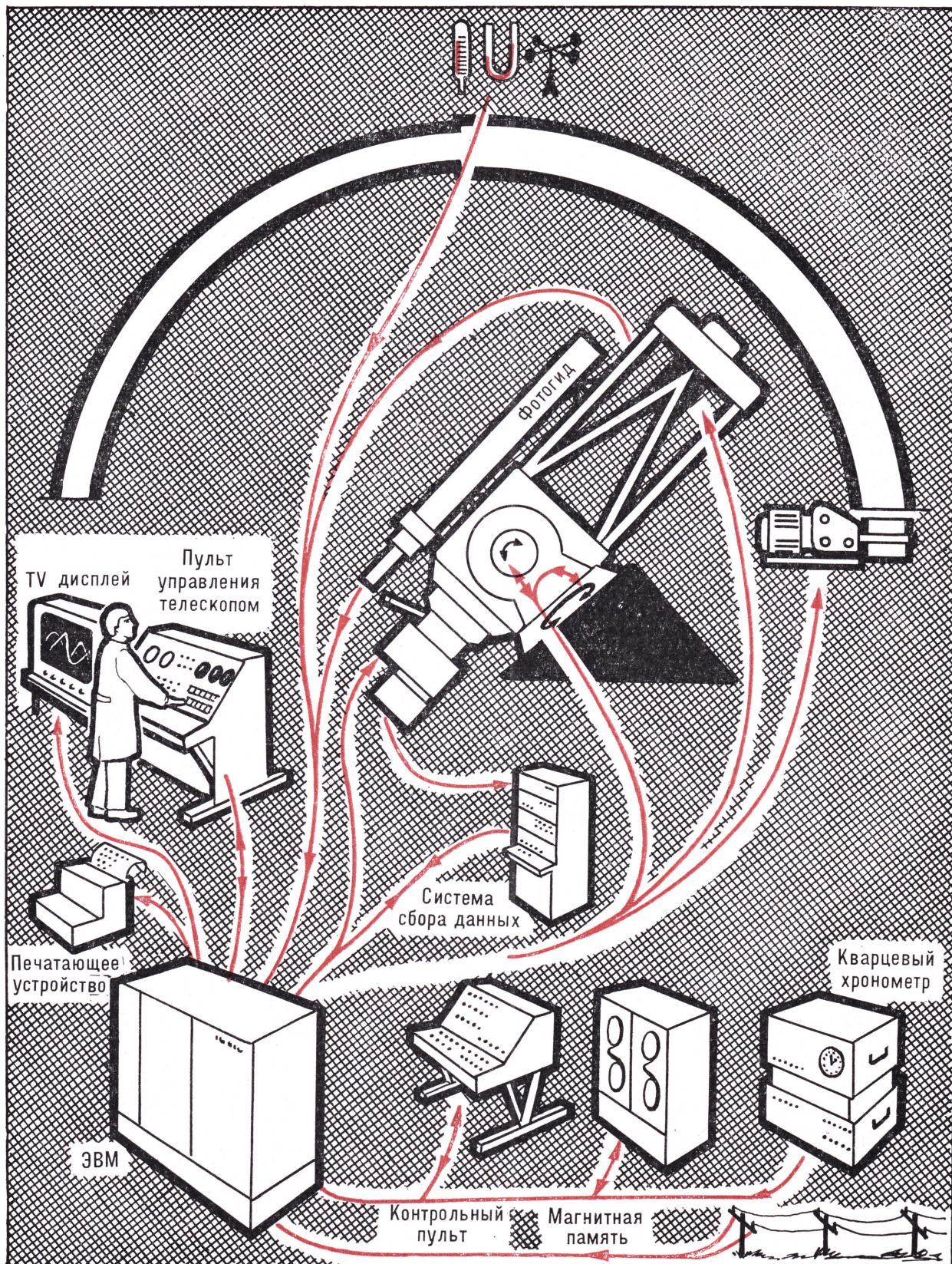


Автоматический микрофотометр, предназначенный для измерения негативов и графического построения изоденс

Фотография далекой галактики (негатив) и система изоденс, построенная для этого негатива на автоматическом микрофотометре

энергию электронам. Некоторые из этих электронов, получивших дополнительную энергию, вылетают из фотокатода. Они ускоряются электрическим полем и попадают в умножительную систему. Из первого динода электрон, затратив энергию, приобретенную им в ускоряющем поле, выбивает группу вторичных электронов, которые попадают на следующий диод, и т. д. Возникает процесс, напоминающий скатывание снежного кома с горы. Каждый вылетевший из фотокатода электрон превращается в электронную лавину, и на выходе фотоэлектронного умножителя появляется импульс тока. Регистрируя каждый такой импульс (фотоотсчет), мы с некоторой вероятностью регистрируем каждый приходящий фотон. Фотоэлектронный умножитель, работающий в режиме счета фотонов, — почти идеальный приемник излучения («Земля и Вселенная», № 3, 1968, стр. 42—52. — Ред.).

Счет фотонов стал распространенным методом фотометрирования, то есть измерения яркости небесных объектов в отдельных интервалах спектра. Для измерения средней величины светового потока необходимо сосчитать за определенное время количество фотоотсчетов от объекта и вычесть количество фотоотсчетов от фона неба. Чтобы учесть поглощенные света в атмосфере и в оптической системе, надо сосчитать количество фотоотсчетов от звезды сравнения, для которой световой поток известен. На точности фотометрирования в значительной степени сказывается то, что прозрачность атмосферы меняется. Чем ближе по времени сделаны измерения объекта и





звезды сравнения, тем больше шансов добиться хорошей точности.

Посмотрим теперь, как автоматизируются фотометрические наблюдения. Самая простая возможность — это применение автоматической системы регистрации. В нашем случае она состоит из электронного счетчика, который подсчитывает число импульсов, поступающих с фотоэлектронного умножителя, и цифропечатающего устройства. Обработка фотометрических данных часто ведется с помощью ЭВМ. Поэтому кроме печатающего устройства в системе регистрации ставится перфоратор или магнитофон, который записывает информацию в удобном для введения в ЭВМ виде. При использовании автоматической системы регистрации вся обработка результатов проводится после измерений.

Большие возможности дает применение автоматической системы сбора данных. В такой системе информация со счетчика поступает в мини-ЭВМ, которая может подготовить данные для дальнейшей обработки на более мощной машине. Если объем информации невелик, обработка проводится непосредственно во время измерений и наблюдатель сразу получает готовый результат. Системы сбора данных строятся так, чтобы к ним можно было подключать несколько разных измерительных приборов. Это придает системе гибкость, позволяет ее использовать в различных экспериментах.

И, наконец, третья возможность — управление экспериментом с по-

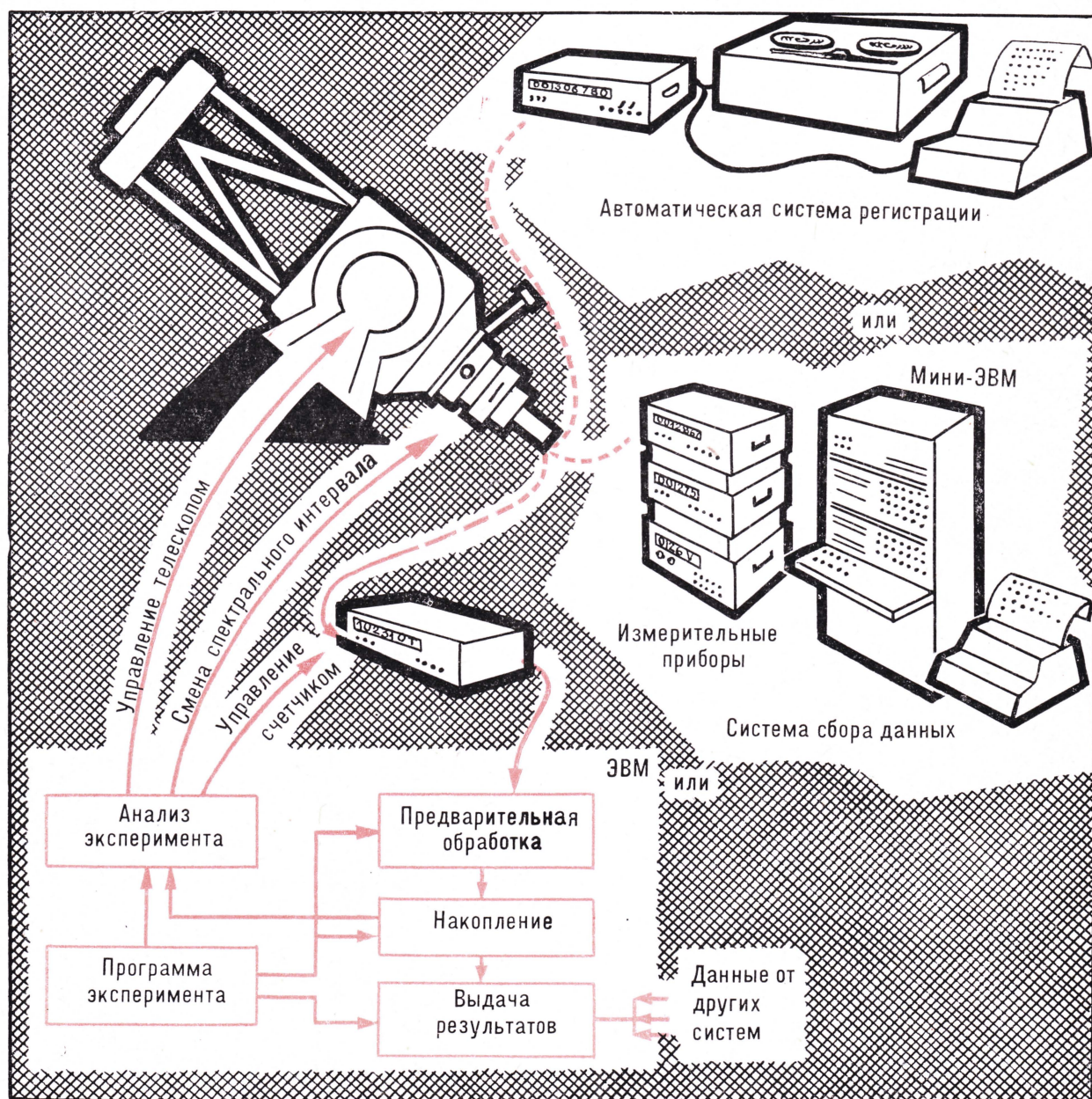
мощью ЭВМ. В этом случае информация со счетчика фотонов непрерывно поступает в ЭВМ. В процессе предварительной обработки ЭВМ определяет оптимальное время экспозиции при каждом измерении и в соответствии с программой меняет режим работы фотометра (смена оптических фильтров, переключение «звезда — фон» и т. д.). Когда необходимые измерения объекта закончены, ЭВМ переводит телескоп на звезду сравнения или следующий объект. Так же, как и в системе сбора данных, окончательная обработка результатов может проводиться непосредственно во время измерений. При автоматическом управлении фотометром и телескопом достигается максимальная оперативность, а это, как мы уже говорили, ведет к увеличению точности фотометрии. Кроме того, появляется большой выигрыш (до двух раз) в «производительности» телескопа.

Еще больше нуждаются в ЭВМ эксперименты, в которых используют фотоэлектрические приемники изображения. В таких приемниках электроны, выбиваемые светом из фотокатода, ускоряются электростатическим полем и фокусируются на мишени. При этом все электроны, вылетающие из определенной точки фотокатода, должны попасть в строго определенную точку мишени. На мишени строится электронное изображение фотокатода, причем количество электронов, попадающих на элемент этого изображения, пропорционально освещенности соответствующей части фотокатода. Если мишенью служит люминофор, светящийся под действием падающих электронов, то

мы получим электронно-оптический преобразователь, который применяется в астрономии для увеличения яркости изображения. Можно накапливать падающие электроны на диэлектрической или полупроводниковой мишени, а затем последовательно измерять заряд, приобретенный разными ее участками. Тогда получим приемник изображения, подобный телевизионным трубкам. Оптическое изображение превращается телевизионным приемником в последовательность электрических сигналов, которые могут быть сведены в ЭВМ для обработки или хранения в памяти. Телевизионные приемники изображения уже нашли применение в астрономии. Особенно привлекательно их использование для поиска сверхновых звезд. Телевизионная техника позволяет быстро получить снимок участка неба и сравнить его с хранящимся в памяти ЭВМ более ранним изображением того же участка. И если в интересующей нас области неба произошли какие-либо изменения, мы их сразу же заметим.

В лабораториях уже имеются приемники изображения с «ячеистыми» мишенями. Каждая ячейка способна регистрировать отдельные попавшие в нее электроны. В таком приемнике осуществляется счет фотонов для каждого элемента изображения. Легко представить себе, какое огромное количество информации будет поступать с этого приемника в единицу времени! Чтобы его использовать без потери информации, необходимо регистрировать с максимальной возможной точностью время прихода и номер ячейки для каждого фотоэлектрона. Числа, содержащие

■
Схема автоматизации телескопа на базе ЭВМ



эту информацию, будут поступать в ЭВМ со скоростью, равной коли-

■
Схема автоматизации фотометрических наблюдений. При таких наблюдениях может использоваться или автоматическая система регистрации, или автоматическая система сбора данных, или автоматизированная система управления экспериментом

честву фотонов, зарегистрированных во всем изображении за одну секунду. Для ярких объектов это может составить сотни тысяч чисел в секунду. В этом случае возможности эксперимента будут ограничиваться объемом памяти и быстродействием ЭВМ.

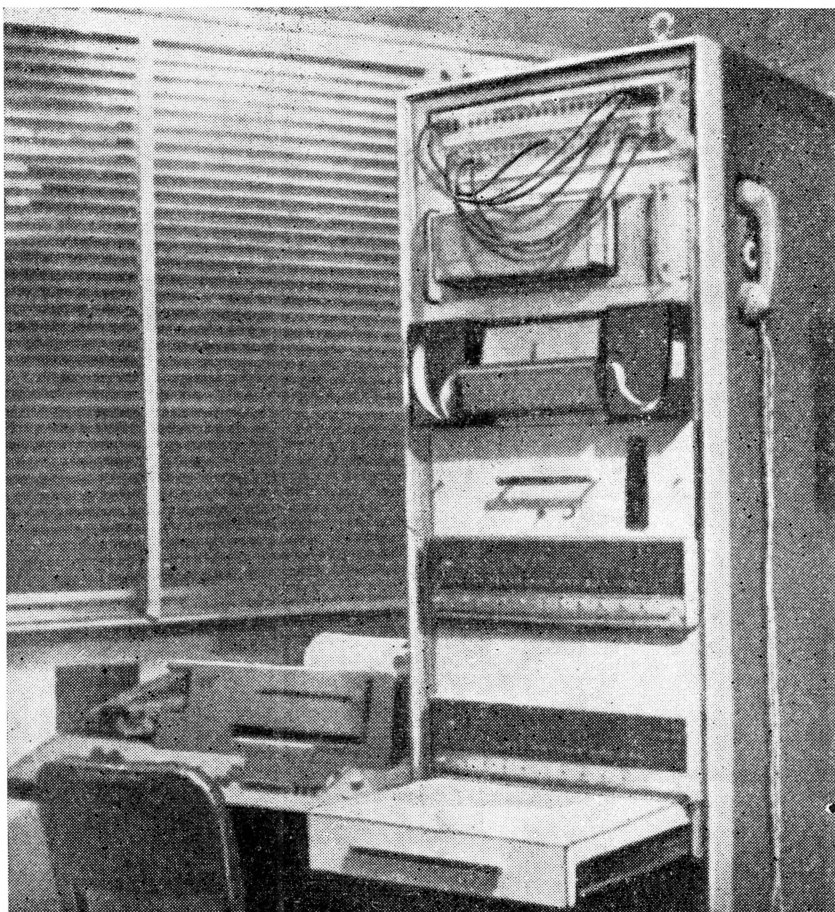
Сбор, распределение и предварительная обработка огромного потока информации станет основной задачей

ЭВМ. Телескоп с фотоэлектрическим приемником изображения и ЭВМ будет очень похож на глаз человека, только значительно более чувствительный и объективный, способный накапливать изображение длительное время и без потери информации. Единственно в чем такие приемники еще долго будут уступать глазу и фотопластинке — это в количестве элементов разложения изображений.

ЧТО ЕЩЕ МОЖНО ПЕРЕПОРУЧИТЬ ЭВМ

Кроме выполнения основных задач — ведения телескопа и сбора данных — автоматизированный комплекс может осуществлять ряд вспомогательных функций. Одна из них — контроль за состоянием телескопа. Крупные тяжелые телескопы вращаются на масляных подшипниках. Толщину масляной пленки, на которую «опирается» телескоп, и распределение масла в подшипнике регулирует специальная следящая система, контролируемая ЭВМ. Другая вспомогательная функция ЭВМ — автоматическая подфокусировка телескопа. Деформации телескопа, которые зависят от положения, и температурное расширение фермы телескопа — все это может вызвать расфокусировку. Для ее компенсации в ЭВМ автоматически вводятся данные о температуре телескопа и его положении. На основании этих данных ЭВМ рассчитывает величину компенсирующего смещения вторичного зеркала и вырабатывает команды для исполнительного механизма.

Еще один круг задач может решать автоматизированный комплекс: учет и уменьшение атмосферных искажений — таких, как искажение формы волнового фронта излучения, приводящее к размытию изображения в фокусе большого телескопа. Если телескоп установлен в месте с хорошим астроклиматом, то эти искажения происходят в непосредственной близости от телескопа — в подкупольном пространстве и рядом с куполом. Качество изображений может быть либо определено оптическими



методами, либо оценено путем измерения флуктуаций показателя преломления воздуха на оптическом пути. При этом возможен автоматический выбор для наблюдений моментов времени с наилучшими изображениями. Подобный отбор моментов хороших изображений вручную проводил Г. Ричи в 20-х годах нашего века, когда получал снимки с высоким разрешением. Автоматические системы выбора моментов экспозиции эффективно работают при фотографировании Солнца.

Автоматизированный комплекс, о котором мы говорили, — это уже достигнутый уровень автоматизации.

Целиком или частично он уже воплощен в нескольких новых телескопах. Что можно ожидать в ближайшем будущем? Уже сейчас обсуждаются и проектируются системы, объединяющие несколько автоматизированных телескопов одной обсерватории с мощной ЭВМ, имеющей большой объем памяти. Такая ЭВМ будет удобна не только для обработки результатов наблюдений, но и для хранения в ней каталогов небесных объектов — закодированных изображений участков неба и справочных данных. Несколько телескопов, соединенных с одной ЭВМ, будут действовать как единый инструмент, который способен измерять новые свойства небесных объектов.

Система сбора данных 36-дюймового телескопа обсерватории Сьерра-Тололо

«...Комплексно решать задачи производства электроэнергии, орошения земель, обеспечения водой городов и промышленных предприятий, развития судоходства и рыбоводства...»

(«Основные направления развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы»)

кандидат геолого-минералогических наук
И. С. ЗЕКЦЕР

Ресурсы подземных вод в СССР

ПРОБЛЕМА ПРЕСНОЙ ВОДЫ

В настоящее время многие районы земного шара и даже целые страны имеют неустойчивый или дефицитный водный баланс, что ограничивает развитие промышленности и сельского хозяйства в них. Недостаток в пресной воде отмечается на территории, составляющей около 60% всей площади суши Земли.

Большое количество воды требуется для промышленного производства и выращивания сельскохозяйственных культур. Так, если человеку требуется на питьевые и хозяйственные нужды около 300—400 л воды в сутки, то на производство одной тонны сахара расходуется 100 тыс. л, 1 т стали — 150 тыс. л воды, капрона — 500 тыс. л. Для выращивания 1 кг растительной пищи необходимо в среднем 2000 л воды. Хорошая вода становится предметом экспорта. Например, Гонконг получает воду по специальным трубопроводам из Китая, а в засушливые годы вода доставляется сюда ганкерами. В некоторых странах Европы рассматриваются проекты закупки пресной воды.

С 1965 по 1974 год под эгидой ЮНЕСКО проводилось Международное гидрологическое десятилетие. Изучались водные ресурсы мира для более рационального их использования промышленностью, сельским хозяйством и людьми. Эти исследования продолжаются и сейчас. Недавно ЮНЕСКО приняла долгосрочную Международную гидрологическую программу, направленную на дальнейшее изучение водных ресурсов земного шара.

Как обстоит дело с водными ресур-

сами у нас в стране? Советский Союз занимает первое место в мире по водным ресурсам, которые оцениваются суммарным речным стоком, то есть суммарным расходом всех рек (в м³/с или км³/год). При оценке обеспеченности водой одного квадратного километра площади Советский Союз оказывается на седьмом месте. Если же принять во внимание чрезвычайно неравномерное распределение водных ресурсов на территории нашей страны, а также то обстоятельство, что 60—80% речных вод в короткие периоды паводков сбрасываются «бесполезно» в моря, совершенно очевидно, что проблема пресной воды становится актуальной и для некоторых районов нашей страны. Вот почему перед гидрологами, гидрогеологами и специалистами водного хозяйства стоит задача создания генеральных схем комплексного использования и охраны водных ресурсов страны на ближайшее и далекое будущее. Немаловажная роль в решении этой проблемы приходится на долю подземных вод.

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

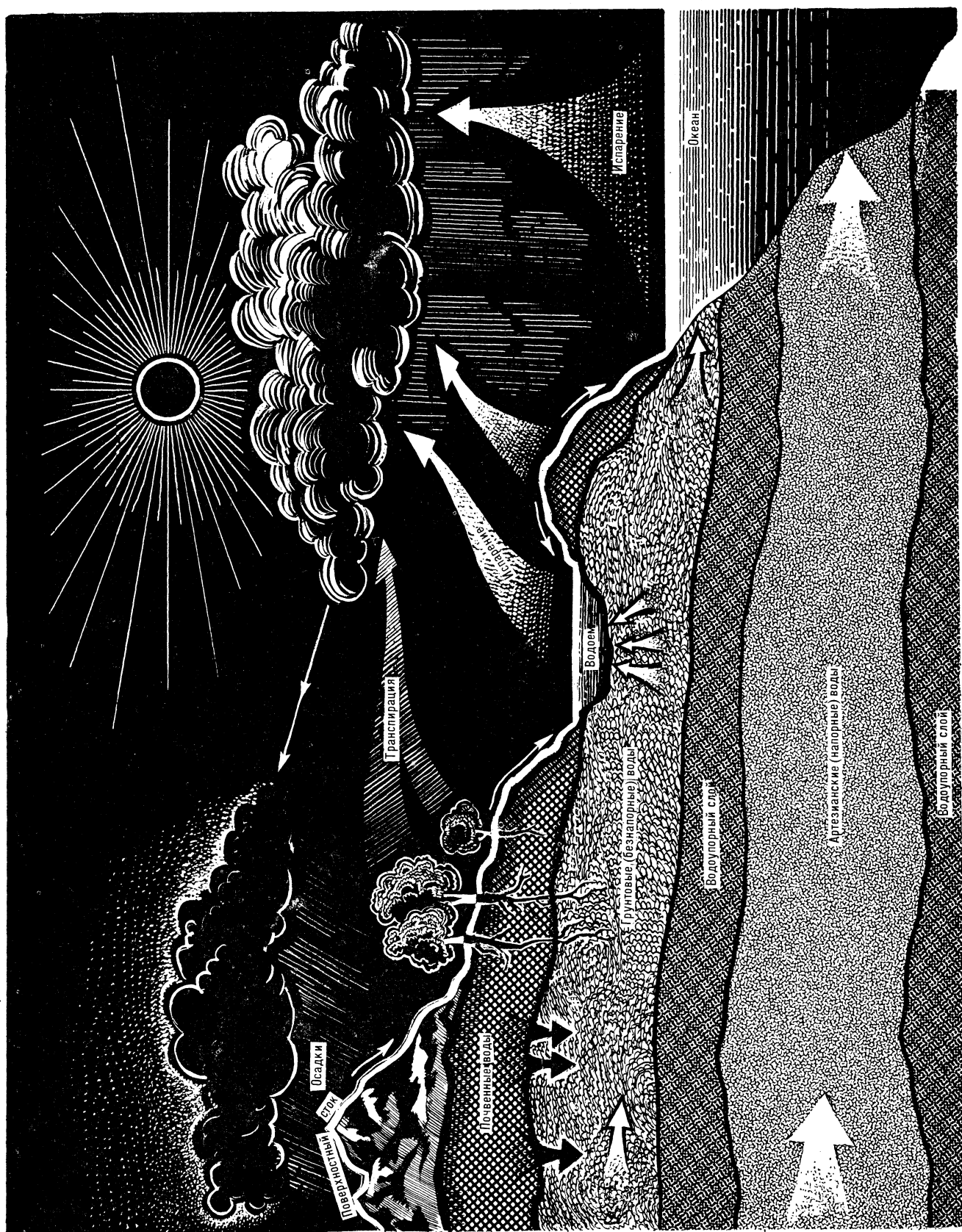
Подземные воды, составляя лишь 0,27% объема всей гидросферы, занимают, однако, ведущее место в хозяйственной деятельности человека. Это драгоценное полезное ископаемое — предмет всесторонних и детальных изысканий и обобщений.

Подземные воды находятся в толще горных пород верхней части земной коры. В зависимости от характера пустот вмещающих пород, подземные воды делятся на **поровые** — в песках, галечниках и других обломочных породах, **трещинные** —

в скальных породах (гранитах, песчаниках) и **карстовые** — в растворимых породах (известняках, доломитах и др.). Слои горных пород, насыщенные водой, образуют водоносные горизонты, объединяющиеся в водоносные комплексы. Подземные воды имеют существенные преимущества по сравнению с поверхностными: они, как правило, более чистые и лучше защищены от возможного загрязнения и, кроме того, равномернее распределяются на площади — часто подземные воды есть даже там, где поверхностные отсутствуют. Подземные воды считаются наиболее ценной частью водных ресурсов. В соответствии с водным законодательством СССР, пресные подземные воды хорошего качества используются главным образом для хозяйственно-питьевых нужд и только в особых случаях допускается их эксплуатация в других целях.

Подземные воды — ценное полезное ископаемое. В отличие от других полезных ископаемых, они имеют ряд специфических особенностей, которые необходимо учитывать при оценке перспектив их использования в народном хозяйстве. Главная особенность подземных вод — их возобновляемость в процессе общего круговорота влаги. Происходит не только их расходование, но во многих случаях и дополнительное формирование, вызванное усилением питания подземных вод поверхностными водами и водами смежных водоносных комплексов, а также за счет уменьшения испарения. Другая существен-

■
Круговорот воды в природе





того карста, линзы пресных вод, участки поглощения поверхностных вод, многолетнемерзлые породы, талики и др.

Карты подземного стока предназначены, в первую очередь, для решения важных практических задач. Каковы эти задачи?

Прежде всего, нужно оценить запасы пресных подземных вод, чтобы планировать промышленное, сельскохозяйственное и коммунальное водоснабжение.

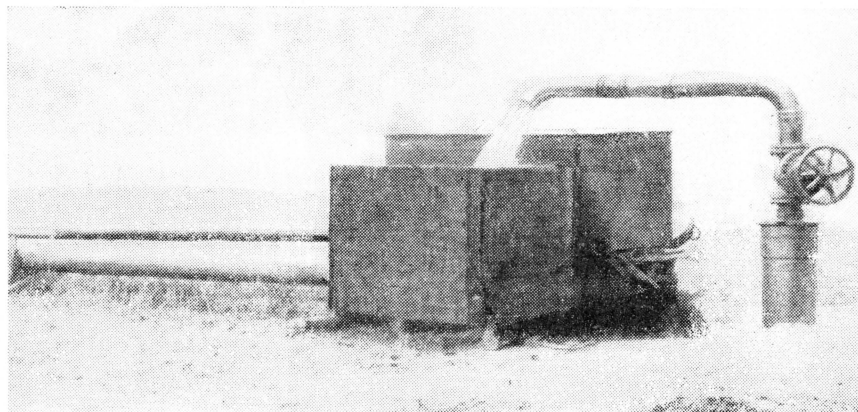
Важно также предвидеть возможные изменения речного стока и при расчетах производительности проектируемых водозаборов подземных вод знать величину питания (восполнения) подземных вод.

Есть и еще одна задача — определение величины подземного стока как элемента общего водного баланса территории страны и отдельных ее районов.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ РЕСУРСЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Запасы подземных вод на территории СССР оцениваются величиной 1019 км^3 в год. В областях с постоянной речной сетью естественные ресурсы подземных вод составляют в среднем около 24% от величины годового стока рек. На питание подземных вод в среднем расходуется около 9% от общего количества осадков.

Естественные ресурсы подземных вод распределены на территории страны неравномерно. Около половины их приурочено к артезианским



бассейнам плит, в осадочной толще которых распространены водоносные горизонты с хорошими фильтрационными свойствами. Остальная часть приходится на районы горноскладчатых областей и щитов. Здесь воды в основном текут в трещинах коры выветривания и в скальных породах, где эксплуатация этих вод затруднена.

Весьма значительны ресурсы пресных вод в краевых областях крупных артезианских бассейнов платформенного типа, расположенных в хорошо увлажненной (гумидной) зоне. Артезианские бассейны засушливой (аридной) зоны обладают меньшими ресурсами, но их значение в этих бедных водой областях огромно.

Особо благоприятны условия для формирования естественных ресурсов пресных подземных вод в предгорных и межгорных впадинах, в частности, в предгорных шлейфах. Здесь модули подземного стока до-

стигают нескольких десятков литров в секунду с 1 км^2 .

На северо-востоке азиатской части страны запасы подземных вод незначительны. В обширных районах, скованных мерзлотой, модули подземного стока нередко составляют доли литра в секунду, а на отдельных участках подземные воды полностью проморожены.

РЕЖИМ ПОДЗЕМНОГО СТОКА

Условия формирования подземного стока для основных геоструктурных подразделений — платформ (плиты, щиты) и горноскладчатых областей — весьма различны.

На плитах — системах крупных артезианских бассейнов платформенного типа, где развита мощная толща осадочных пород, подземные воды накапливаются в трех основных вертикальных зонах (ярусах). В верхней части суши выделяется зона **интенсивного подземного стока** (зона интенсивного водообмена). Она форми-

■
Самозливающая скважина в пустынном районе



руется под дренирующим воздействием местной гидрографической сети и озер. Подземный сток этой зоны охватывает отдельные бассейны малых и средних рек на небольших глубинах (часто до 300—500 м). Воды здесь, как правило, пресные, питаются в основном атмосферными осадками, быстро реагируют на изменения гидрометеорологических факторов.

К средней части осадочной толщи плит приурочена **зона замедленного подземного стока**. Это — область крупных рек, глубоких озер и морских впадин. Зависимость подземного стока от местных гидрометеорологических факторов в этой зоне уменьшается.

В самых глубоких слоях осадочной толщи располагается **зона весьма замедленного стока**. На формирование стока в этой зоне климат почти не влияет.

На шитах в верхней трещиноватой зоне горных пород и тектонических разломов развита в основном только зона интенсивного подземного стока. Влияние климата на режим подземных вод здесь огромно.

Горноскладчатые области тоже отличаются интенсивным подземным стоком. Среднегодовые модули подземного стока в этих областях велики по сравнению с окружающими территориями. Например, для Кавказа средний модуль 6,3 л/с, Горного Крыма — 2,3 л/с, для Карпат — 4,3 л/с с 1 км². На территории одной и той же горноскладчатой области показатели подземного стока резко меняются, например, в пределах Кавказа на небольших расстояниях модули подземного стока колеблются от 0,3 до 33 л/с с 1 км².

Распределение величин подземного стока на обширной территории СССР обуславливается в основном природно-климатической зональностью. Где влажно, там значения величин подземного стока больше по сравнению с речными бассейнами аридной зоны (если прочие условия, и прежде всего гидрогеологические, примерно одинаковы). Так, на равнинных пространствах европейской части СССР происходит общее уменьшение подземного стока с северо-запада на юго-восток. Изменение модуля подземного стока от 6 л/с с 1 км² в районах Прибалтики до десятых долей литра и меньше в сухих степях юга Украины и Прикаспия отражает общее уменьшение в этом же направлении осадков от 700—600 до 400—300 мм в год в сочетании со значительным увеличением испарения.

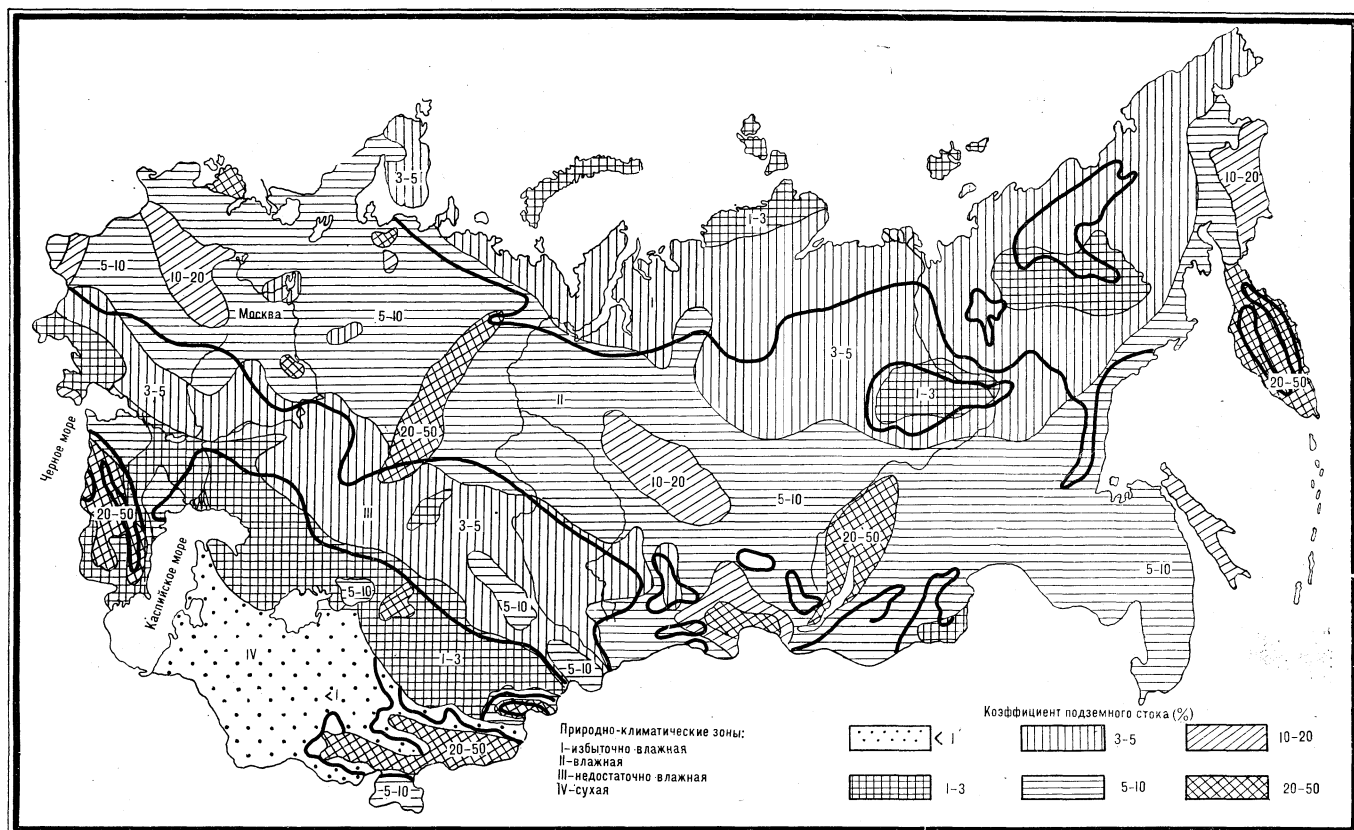
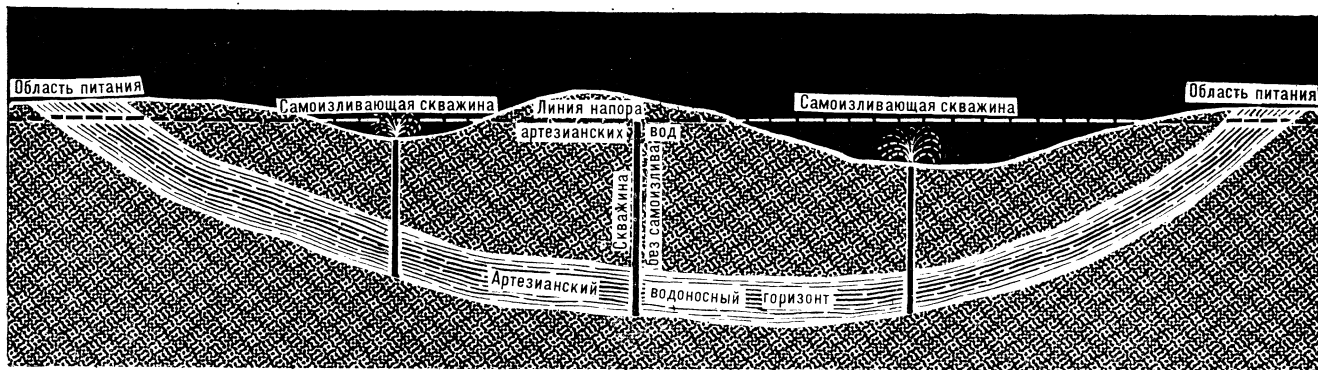
Общий фон закономерного распределения подземного стока в зависимости от климата и рельефа нарушается во многих районах под влиянием местных гидрогеологических условий.

Например, развитие интенсивно закарстованных пород приводит к значительному увеличению модуля подземного стока на Онего-Северо-Двинском междуречье до 4—6 л/с с 1 км² (при зональном модуле 2—2,5 л/с с 1 км²), в северной части Прибалтики до 6 л/с с 1 км² (при зональном модуле 2,5 л/с с 1 км²), на Уфимском плато Урала до 10—12 л/с с 1 км². Аналогичная картина наблюдается и в районах развития карста в Крыму, на Кавказе и в Западной Сибири.

Локальные особенности распре-

деления величины подземного стока часто обусловлены изменениями фильтрационных свойств водовмещающих пород или перекрывающих их отложений. Влияние состава пород, залегающих над водоносными слоями, во многих случаях является определяющим, так как именно от состава, а следовательно, от фильтрационных свойств этих пород зависит пополнение подземных вод атмосферными осадками. Так, возрастание модулей подземного стока в краевых частях Московского артезианского бассейна до трех и более литров в секунду вызвано выходом на поверхность или неглубоким залеганием хорошо проницаемых водообильных известняков каменноугольного возраста, в то время как на окружающей территории, где на поверхности развиты малопроницаемые отложения, а климатические условия аналогичны, подземный сток составляет всего 1—1,5 л/с с 1 км².

Многолетнемерзлые породы (вечная мерзлота) расчленяют верхнюю толщу земной коры на зону сезонного подземного стока, мерзлую зону, в которой практически не происходит движения подземных вод, и зону подмерзлотных вод. Чем больше площадь распространения и мощность слоя вечной мерзлоты, тем менее благоприятны условия формирования зоны интенсивного подземного стока. Так, модуль подземного стока в бассейне Лены уменьшается от 3 в верховье до 0,05 л/с с 1 км² в низовье, что связано с переходом от зоны островного развития вечной мерзлоты к зоне ее сплошного распространения и большой мощности.



ВОДНЫЙ БАЛАНС

Соотношение подземного стока и осадков принято выражать **коэффициентом подземного стока**. Он показывает, какая часть атмосферных осадков (обычно в процентах) расходуется на питание подземных вод.

Этот коэффициент в пределах страны составляет в среднем 9% и изменяется от 1 до 50%. Для равнинной территории европейской части СССР, как общая закономерность, прослеживается широтная зональность — уменьшение коэффициентов подземного стока с северо-запада на юго-

Строение артезианского бассейна

Схематическая карта распространения природно-климатических зон и подземных вод на территории Советского Союза



■ Распределение водных ресурсов в наиболее крупных районах СССР

Район	Площадь, тыс. км ²	Ресурсы км ³ /год		
		Поверхност- ных вод (общий реч- ной сток)	Подземных вод (подземный сток)	Соотношение подземных и поверхно- стных вод
Русская плита	4060	719	170,02	0,24
Кавказ	264	92	45,7	0,5
Уральская гидрогеологи- ческая складчатая область	462	79	25,4	0,32
Западно-Сибирская арте- зианская область	2919	583	136,9	0,23
Сибирская плита	3500	738	108,9	0,15
Центрально-Казахстанская гидрогеологическая склад- чатая область	938	67	11,1	0,16
Верхояно-Чукотская гид- рогеологическая область	2420	538	65	0,12

восток с 10—20% в зоне избыточ-
ного увлажнения до 1% и менее в
степных и полупустынных районах.

Общая закономерность распреде-
ления коэффициентов подземного
стока на территории Союза нару-
шается в ряде районов аномали-
ями — главным образом, увеличе-
нием. В первую очередь это на-
блюдается на возвышенностях, что
обусловлено обилием выпадающих
здесь атмосферных осадков и улуч-
шением условий их инфильтрации
(Валдайская возвышенность, Средне-
Русская возвышенность, Приволжская
возвышенность, Енисейский кряж,
Северо-Байкальское нагорье и др.).
В горных районах одновременно с
увеличением количества атмосфер-
ных осадков с высотой местности
возрастают (до определенных пре-
делов) и коэффициенты подземного
стока. Так, в Карпатах они возрастают
от 5 до 10—15%, на Урале — от 10

до 20—40%, на Алтае — от 5—10
до 15—20%. На Кавказе и в горах
Средней Азии увеличение коэф-
фициентов подземного стока (до
25—35%) наиболее заметно.

В районах развития карста так-
же высоки значения коэффициентов
подземного стока (до 30—40% и бо-
лее на Силурийском плато, на Онего-
Северо-Двинском междуречье, Ку-
лойском плато, Тимоне).

Роль многолетней мерзлоты в
распределении коэффициентов под-
земного стока очень заметна. На
огромных пространствах Сибири и
северо-востока СССР, где выпадает
до 300—400, а местами до 500—600 мм
атмосферных осадков, коэффициенты
подземного стока весьма незначи-
тельны — 5%, и только на юге Сибири
(северное Прибайкалье и отроги Вер-
хоянского хребта), где многолетняя
мерзлота приобретает островной ха-
рактер, а годовое количество осад-

ков увеличивается до 800 мм, коэф-
фициенты подземного стока достига-
ют 15—20%.

Долю подземных вод в общих вод-
ных ресурсах для территорий многих
районов (кроме аридной зоны) оце-
нивают еще и по значению **коэффи-
циента подземного питания рек**. Эта
характеристика (в процентах) показы-
вает соотношение подземного стока
в реки и общего речного стока.
Анализ соотношений подземного сто-
ка и общего речного стока приобрел
большое практическое значение в
проблеме комплексного использова-
ния водных ресурсов.

Характеристика изменчивости коэф-
фициентов подземного стока и коэф-
фициентов подземного питания рек —
это и есть количественная оценка ро-
ли подземных вод в общих водных
ресурсах и водном балансе страны.

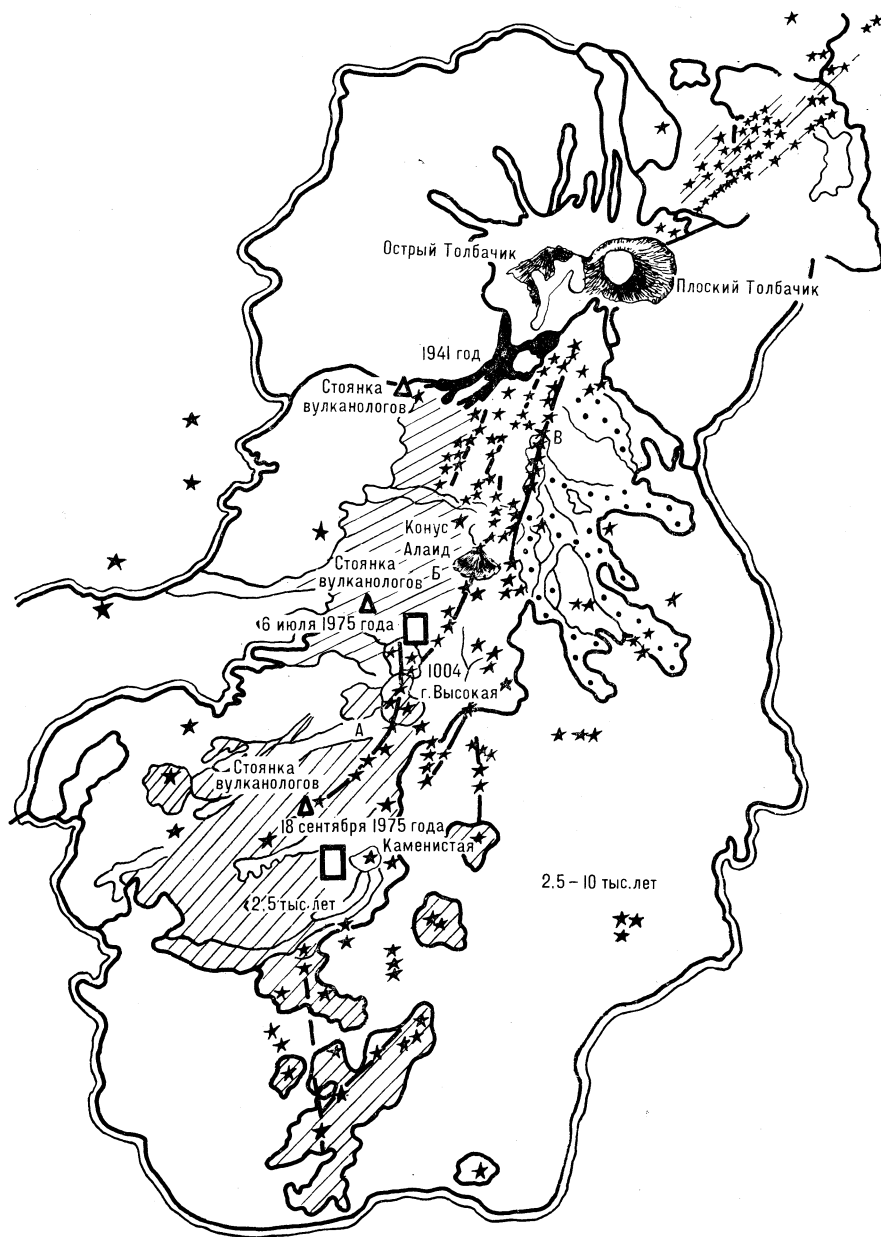
Результаты количественной оценки
подземного стока на территории
СССР широко используются в прак-
тических целях гидрогеологами, гид-
рологами, геохимиками, специалиста-
ми водного хозяйства. В настоящее
время, опираясь на опыт исследова-
ний, проведенных в СССР, составля-
ется карта подземного стока Цен-
тральной и Восточной Европы, в ра-
боте над которой принимают участие
все социалистические страны Европы.

Много лет ученые Института вулканологии Дальневосточного научного центра АН СССР ведут исследования активных вулканов и разрабатывают методику прогноза извержений. Летом 1975 года им удалось наблюдать уникальное извержение с образованием базальтов — самое крупное из тех, которые когда-либо происходили на Камчатке. Извержение было предсказано за неделю. Этот прогноз основывался на анализе роев землетрясений, зарегистрированных 27 июня и в более позднее время.

Извержение началось 6 июля в 17—18 км к юго-западу от вершинного кратера Плоского Толбачика на высоте 960 м, а спустя два месяца сместилось на 8—10 км к югу, меняя характер и силу. Камчатские вулканологи, повидавшие на своем веку немало извержений, столкнулись здесь с новыми фактами. Разнообразные проявления вулканической активности, сам район прорыва земной коры, длительность процесса — все было необычным.

Кандидат физико-математических наук
Ю. С. ГЕНШАФТ
Кандидат геолого-минералогических наук
В. А. ЕРМАКОВ

Необычное извержение на Камчатке



Зона шлаковых конусов в месте извержения 1975 года на Камчатке. Геологическая схема: шлаковые конусы и центры лавовых излияний до 1975 года показаны звездочками; линии А, В, В — трещины-разломы; волнистыми непрерывными линиями ограничены наиболее молодые лавовые потоки (менее 2,5 тыс. лет). Двойной линией показано поле распространения древних лав (возраст 2,5—10 тыс. лет); редкая штриховка — недатированные лавовые потоки; площадь распространения лавового потока 1941 года зачернена; районы июльского и сентябрьского прорывов 1975 года околнурены прямоугольниками



СТЕПАНЫЧ

Жизнь вулкана начиналась буднично, незаметно, вначале его можно было «затоптать ногами». Но уже к вечеру своего дня рождения на месте нескольких жерловин выросли три 50-метровых шлаковых конуса. Скоро они объединились в один. Новый камчатский вулкан, родившийся 6 июля 1975 года, сначала назвали «Предсказанный», и это было справедливо. Но в память о Георгии Степановиче Горшкове, известном исследователе камчатских вулканов, первым доказавшем существование мантийного источника базальтовой магмы для Ключевской сопки, новый кратер переименовали в кратер Горшкова, или просто Степаныч.

Через три дня после начала извержения активность вулкана резко усилилась. Две недели над кратером горела 2-километровая «свеча», конус быстро рос. С 6 по 28 июля извержение Степаныча было эксплозивным, то есть взрывным: на несколько километров взметнулось вверх огромное облако газа, пепла, шлака. С грохотом вылетали из жерла раскаленные вулканические бомбы.

Вулканологи расположились в 1,5 км от прорыва. Когда крупные куски шлака (лапилли) начали бомбардировать палатки, на крыши набросали ветви кедрача: по опыту прошлых извержений таким способом надеялись укрыться от каменного дождя. Однако слой пепла и шлаков стремительно нарастал, пришлось спешно покинуть лагерь, бросив все имущество. На месте бывшей стоянки раскинулась черная пустыня. С трудом раскопали лагерь и спасли часть приборов и

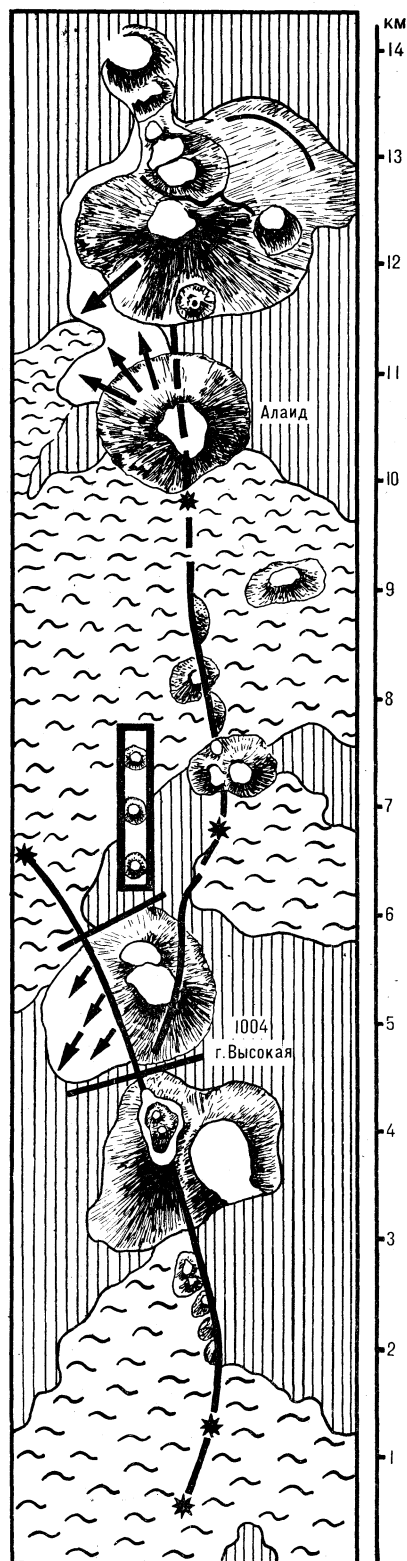
оборудования. Еще не раз приходилось ученым перебазировать свои стоянки. Так, в ночь с 16 на 17 июля из-за резкой смены направления ветра в районе основного лагеря выпал слой шлака и пепла мощностью около 2 м. Вернувшись через три дня к предполагаемому месту лагеря, вулканологи опять его не нашли. Сейсмический прибор, установленный вблизи молодого вулкана, оказался под 8-метровым (!) слоем шлака.

Пепловая туча длинным шлейфом протянулась от нового вулкана над Камчаткой. В Ключах, Козыревске, Тагиле, Долине Гейзеров, на Командорских островах — всюду выпал пепел. В 40 км от вулкана во время пеплопада было темно как ночью. Вся прилегающая к прорыву территория неузнаваемо преобразилась. На месте старых лавовых потоков, заросших сочным ягелем, ольховником, кедрачом и низкорослыми лиственницами, раскинулась холмистая пепловая пустыня. Вода исчезла. Засыпало озера, ручьи, а вновь образованные после дождей водоемы наполнились... смесью кислот.

Вулканологи продолжали свою увлекательную, но небезопасную работу. Сотрудники группы «Вулкан» охотились за бомбами — первозданным вулканическим продуктом, в котором законсервировано магматическое вещество. Если размеры бомбы позволяли, ее быстро прятали в рюкзак, предварительно набитый холодным шлаком. В такой теплоизолирующей рубашке бомбу, еще горячую, доставляли в лагерь.

Вулкан, раскатисто грохоча, исторгал раскаленные бомбы различной формы и размера, большая часть ко-

торых падала на склоны конуса и стремительно неслась вниз, оставляя за собой коричневатые дымящиеся дорожки. Бомбардировка была такой плотной, что некоторые воронки от вулканических снарядов частично перекрывали друг друга. За первые три недели извержения на ровном месте вырос вулканический конус высотой около 350 м. Этот молодой вулкан выбросил из недр Земли колоссальную массу ювенильного материала — пепла, газа, шлака. Вулканологи понимали, что этим извержение не окончится — ждали лаву. И действительно, она 29 июля вышла на поверхность, излившись из трещин, которые разорвали землю с севера и юга от кратера Степаныч. Трещины ооконтурили своеобразное полукольцо, по которому западный склон конуса буквально на глазах осел и заметно сместился. Осадка конуса сразу же компенсировалась новыми порциями пирокластики — шлака и пепла. Со стороны казалось, что жерло Степаныча «гуляло» по кратеру — это в разных местах трещины на поверхность прорывались газы и пепел. Оглушительные взрывы следовали один за другим. Сильное проседание продолжалось один день. Из южной трещины земные недра неохотно выдавали короткий лавовый поток. А затем из остальных субширотных трещин лава хлынула потоками, которые обогнули западное подножие Степаныча и соединились ниже, пройдя путь около 8 км. Ширина потоков в отдельных участках была до километра, мощность достигала 10 м. В зависимости от рельефа местности, скорость движе-



ния лавы менялась от 20 до 200 м/ч. Лава уничтожала все, что еще не было погребено под слоем шлака и пепла. А пепел, словно нудный осенний дождь, непрерывно сыпал и покрывал горячую новорожденную лавовую равнину. Вулкан как будто исчерпал свои силы. Периоды интенсивных взрывов и выбросов сменялись относительным затишьем. Однако каждый новый период активности становился все более напряженным. Последним вздохом Степаныча был сильнейший взрыв 8 августа, выбросивший на западное подножие вулкана липкий слой тонкого серого пепла, необычного по окраске и составу. Во время взрыва бушевал ветер, пропала видимость. Люди днем не могли найти свои палатки, находясь от них в нескольких метрах.

В Козыревске, расположенном от прорыва на расстоянии около 45 км, в этот день на квадратный метр поверхности выпало до одного килограмма тончайшего пепла. Этот пепел сначала ошибочно приняли за продукт выброса вулкана Безымянного или главного кратера Плоского Толбачика. В 1,5 км от конуса по оси пепловой тучи мощность слоя была

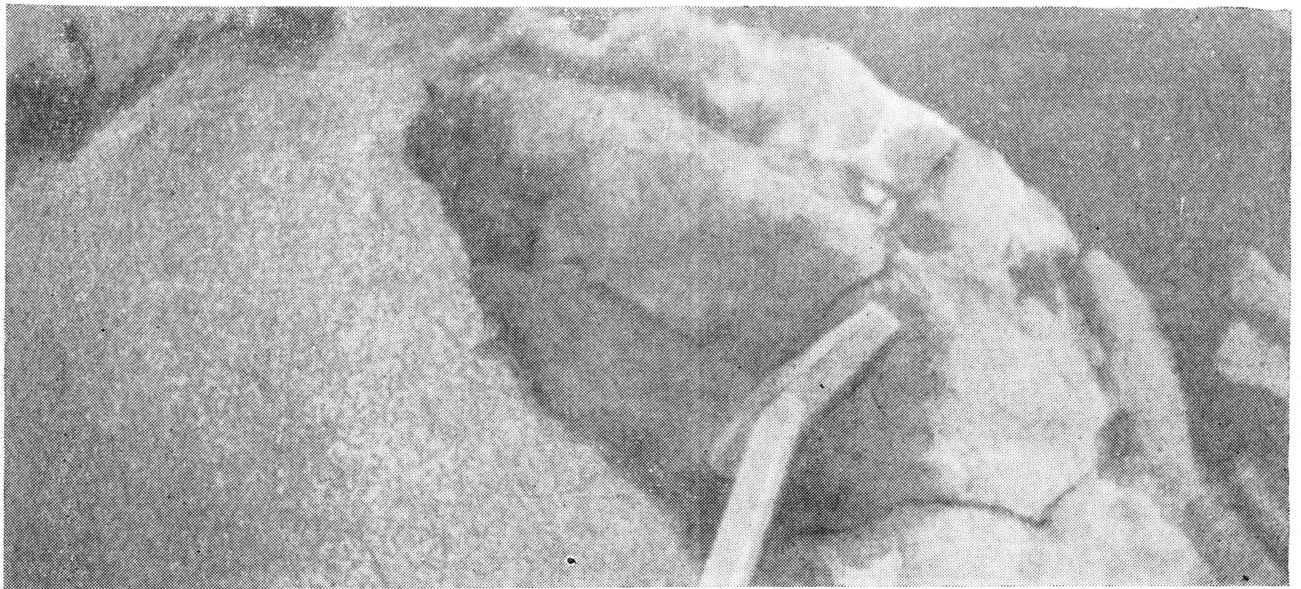
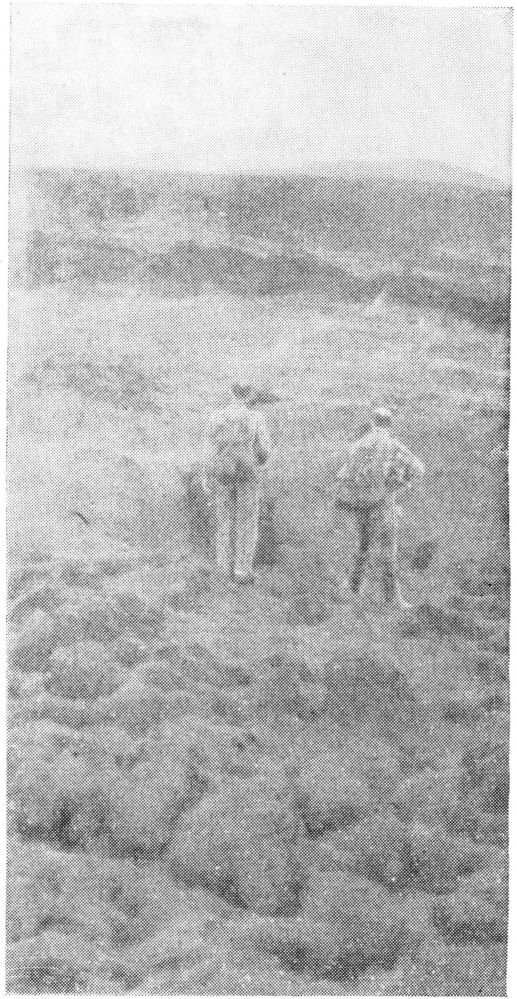
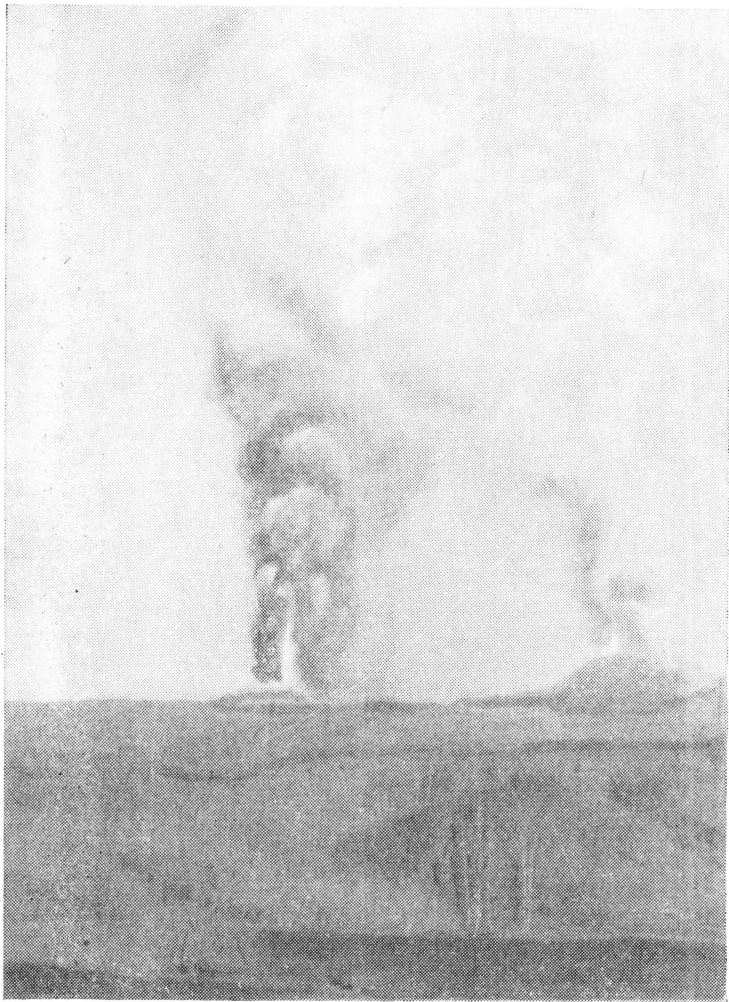
около 20 см, а в 6 км его толщина составляла лишь несколько миллиметров. О силе выброса можно судить по тому, что в 1,5 км от кратера стволы частично захороненных лиственниц, которые безжизненно возвышаются над шлаковой равниной, покрылись плотной 10-сантиметровой спрессованной корочкой серого пепла. Корка вытянутой пирамидкой прилепилась к стволу, но лишь с той стороны, откуда был направлен ветер. Спрессованный пепел очень богат угловатыми обломками минерала плагиоклаза, придающими ему серый цвет.

После извержения серого пепла Степаныч окончательно загдох. 9 августа лишь небольшие белые облачка появлялись то в кратере, то на склонах у кромки конуса. В этот же день севернее Степаныча, у его подножия, образовался новый эруптивный кратер.

АВЕРИЙ

Наше первое знакомство с этим извержением состоялось на расстоянии около 70 км от него. 15 августа мы плыли по реке Камчатке из Ключей в Козыревск и наблюдали в районе Толбачика грибоподобное кучевое облако. Оно меняло форму, временами медленно смещалось в сторону, но снова и снова всплывало над таежными склонами сопки. Это работал новый, только что родившийся вулкан. Ученые назвали его в память о трагически погибшем несколько лет назад вулканологе В. В. Аверьеве, много сделавшем для изучения термальных районов Камчатки, Аверием или Аверьичем. Аверий работал не так интенсивно, как Степаныч, и в от-

Геологическая схема района извержений 1975 года. Молодые вулканические образования показаны вертикальной штриховкой; лавовые потоки — волнистой штриховкой; центры истечения лав — звездочками, оползни — стрелками. Прямоугольником отмечен район расположения трех новых конусов, возникших в июле — сентябре 1975 года. Справа указана протяженность района извержений в километрах





личие от него уже с первых дней начал изливать лаву. Через неделю поток лавы достиг длины 2 км и высоты 15—20 м. Скорость движения лавы была небольшой. Поток чрезвычайно перегружен материалом разрушающегося конуса и выбросами пирокластики из жерла. Это был поток-транспортёр, поток-работяга. Вероятно, на каждый метр мощности юной лавы приходилось не менее двух метров чуждого груза. Раскаленная лава на поверхность пробивалась редко, иногда в виде эффектных тонких языков. Казалось, движется сам вулканический конус.

Через два дня после образования Аверий, как говорят вулканологи, вышел на основной режим, то есть из его жерла следовали непрерывные газово-пепловые выбросы на высоту 5—7 км. Несмотря на истечение лавы, извержение было эксплозивным.

К 17 августа вулкан успокоился, но передышка была короткой, всего лишь несколько часов. Однако за это время на его еще неостывшие склоны вулканологи успели подняться, чтобы заглянуть в жерло кратера. А вечером того же дня вновь заговорили сейсмографы — севернее мо-

лодых конусов, приблизительно в 700 м от Аверия, возник новый, третий конус.

ТРЕТИЙ КОНУС И ВУЛКАН-ТРЕЩИНА

Образование третьего прорыва было предсказано не только сейсмологами. Наблюдения непрерывно вели здесь геодезисты Института вулканологии. Они зарегистрировали заметные горизонтальные и вертикальные движения земной поверхности с амплитудой до метра. В области образования новых воронок вспучивалась земля, разверзались трещины. На месте нового прорыва выросло несколько маленьких шлаковых конусов, фонтанирующих лавой и выбрасывающих небольшие пепловые облака. Из раскрытой трещины показался лавовый поток и резко усилились выбросы пирокластики. Газово-пепловое облако поднялось на высоту 6—7 км. Облако рассекали молнии, гремел гром. Неожиданно активизировался и Аверий.

18 августа мы разбили лагерь в нескольких километрах от места извержения. Перед нами предстала грандиозная картина — второй и третий конусы работали, как хорошо отлаженная насосная пара: когда один ненадолго затухал, деятельность другого усиливалась. Более активным был самый молодой. Над конусами высоко поднимались огненные столбы газовых протуберанцев. Их увенчивали гигантские белые шапки с шлейфами темно-серых пепловых туч.

Ночь с 18 на 19 августа мы провели у подножия третьего конуса. Из его жерла непрерывно вылетали бомбы на высоту до 1 км. Стоял непрерывный мощный гул. Такой режим рабо-

ты, условно названный «газовой продувкой», был характерен для всех трех конусов. Днем 19 августа у подножия третьего конуса показался раскаленный край очень короткого языка лавового потока, его выдавило на седловину между кратером Аверий и новым конусом. 20 августа дважды — приблизительно в течение часа около полудня и от 23 до 24 часов — эксплозивная деятельность третьего конуса достигла апогея. Бешеный грохот извержения и начавшаяся гроза сопровождалась непрерывным дрожанием почвы, ощутимым в 4 км от конуса. Раскаленные бомбы поднимались на высоту до 2,5 км. Внезапно пароксизм окончился и наступила тишина. В последующие дни эруптивная деятельность третьего конуса явно пошла на убыль и полностью прекратилась 25 августа.

22 августа начался новый этап извержения, предугадать который не взялся бы ни один вулканолог, работавший до сих пор на Камчатке. Здесь впервые на глазах человека происходило рождение нового типа вулканов. В своем классическом виде такие вулканы были известны только в Исландии. Это вулкан-трещина. Около 7 часов вечера 22 августа у западного подножия третьего конуса образовался новый центр — Светлячок. Произошло излияние лавы на поверхность вдоль серии трещин, протянувшихся на запад-юго-запад от главного меридионального разлома. Цепочка из нескольких жерл возникла на следующий день вдоль 200-метровой трещины, отстоящей на 1—1,5 км от третьего конуса.

Вулкан-трещина совсем безобидный, к нему можно подойти вплотную,

В середине августа наиболее активным был третий конус (слева)

По занесенному шлаком молодому лавовому потоку можно ходить

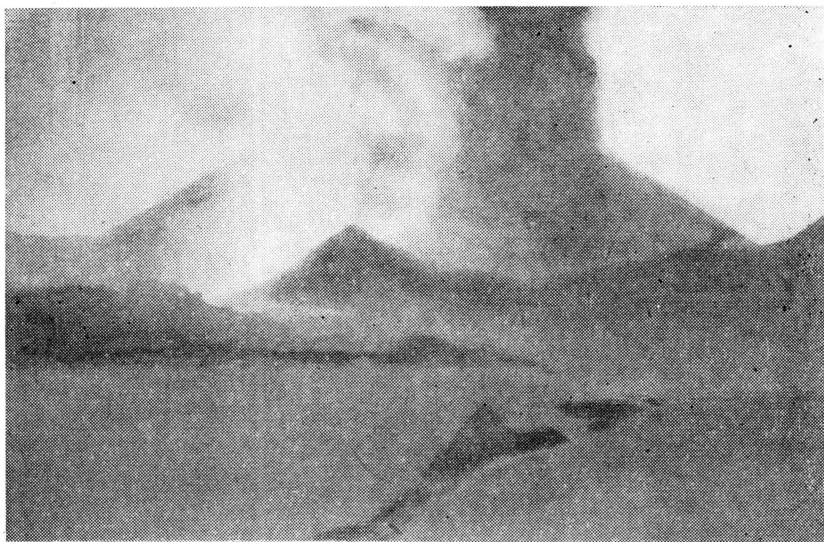
Вулканические бомбы. Они причиняли не только неприятности, вулканологи охотились за ними для создания рабочей коллекции

он не очень пугает своими выбросами. Приходится только увертываться от больших кусков застывшей лавы. Впрочем, мы их даже искали, так как они служили прекрасным сырьем для изготовления сувениров. С помощью геологических молотков, металлической ступки и пустых консервных банок мы наловчились выдавливать из пластичной лавы пельницы и вазы.

Над жерлом одного из трещинных вулканов навис 7-метровый шлаковый козырек. В кратере с внутренними стенками не выше 3 м и диаметром верхней кромки 10—12 м стоит огненное лаговое озеро. Его можно увидеть, поднявшись на небольшой холмик поблизости. Корка озера ритмично «вздыхает», сквозь нее прорываются газы, затем она туго, с усилием рвется, пытая как паровоз. Куски лавы цвета киновари разбрызгиваются по склонам конуса. Затем все повторяется снова и снова. Во время взрывов в такт колебаниям поверхности озера раскачиваются тонкие стенки конуса. Мы видим, как они колеблются. Сначала мелкие, а потом крупные обломки только что выброшенных и запеченных шлаков снова сваливаются в озеро. По-видимому, эти побывавшие вторично в магме обломки и образуют редкие здесь плотные бомбы. Мы воочию наблюдаем то, что сейчас сейсмические приборы фиксируют как дрожание и на сейсмограммах оставляет ритмичную мелкую синусоидальную запись.



Эти августовские вулканы-трещины были сюрпризом для вулканологов





Трещина работала недолго. Уже к вечеру 25 августа полностью заглохли лавовые котлы, и только светящиеся ночью края лавовых потоков свидетельствовали о продолжающемся истечении лавы. Длина нижнего лавового покрова трещины составила около 2 км.

...И СНОВА АВЕРИЙ

Деятельность Аверия, казалось бы затухавшего в начале образования третьего конуса, возобновилась 23 августа. В кратере Аверия с небольшими паузами до 13 сентября шла интенсивная «газовая продувка», а до конца августа продолжалось медленное истечение лавы из кратера. Поток характеризовался теми же признаками, что и первые порции, — значительной мощностью, обрушением конуса и т. д. К радости вулканологов и наблюдателей извержения, поток переносил в изобилии бомбы Аверия — великолепные сувениры. Из осыпающихся стенок потока можно было без особого труда набрать бомбы всевозможных размеров и форм. Некоторые из них имели правильную круглую или овальную форму и были необычно легкими: они состояли не из базальтов, а из песчаника, заключенного в плотную базальтовую корку. В таком необычном виде вулкан поставлял породы верхнего слоя земной коры, вероятно, залегающие на глубинах около 1—2 км. Эти включения (или ксенолиты) в базальтах часто попадались сильно оплавленными.

Движение лавового потока активизировалось в первой декаде сентя-

бря. Новые порции лавы пробили русло среди первых двух и прокатились вниз, частично покрывая поток Степаныча, который имел небольшую мощность и не был засорен пирокластическим материалом.

Извержение Аверия завершилось пароксизмом 10—11 сентября. На расстоянии 40 км слышался неумолкаемый грохот взрывов. Огненный фонтан поднимался на высоту 1,5 км над кратером. Из кратера и боковых трещин у подножия конуса на западные склоны хлынули тонкие потоки лавы, стремительно прошедшие расстояние около 8 км и затопившие район нижних лагерей вулканологов. Эруптивная деятельность жерла конуса окончилась 13 сентября, но еще до 15 сентября наблюдалось истечение лавы. В районе прорыва, бушевавшего больше двух месяцев, воцарилась тишина. Перестало звенеть в ушах, спало напряжение вечной готовности к эвакуации лагерей.

Извержение стало воспоминанием. Здесь, на прорыве, мы придумали шуточную единицу измерения силы и красоты извержения — ХЗС — «хорошо здесь сидеть». По этой шкале извержение вулкана-трещины оценивалось в 0,1 ХЗС, а заключительный этап деятельности Аверия — в 1 ХЗС.

ИЗВЕРЖЕНИЕ ПРОДОЛЖАЛОСЬ...

Природа, столь щедро одарившая необычными эффектами вулканизма, преподнесла нам еще один сюрприз. В середине сентября сейсмологи вновь возвестили о рое мелких землетрясений к югу от Толбачика и предупредили о подготовке нового прорыва. Извержение произошло в 8—10 км юго-западнее предыдущей

группы прорывов, вблизи старого шлакового конуса горы Каменистая на высоте около 520 м.

18 сентября из трещины протяженностью в несколько сот метров било около 30 лавовых фонтанов и вся лавы изливалась на западную сторону. С восточной стороны над трещиной образовался козырек из шлаков. Позднее эруптивная деятельность сосредоточилась всего лишь в нескольких жерлах в центре трещины. Уже через неделю вдоль трещины сформировался небольшой шлаковый конус высотой 70—80 м. То из одного, то из другого жерла продолжалось излияние лавы. Потоки заливали старую каменистую равнину, прилегающую к конусу с запада. Они взламывали и растаскивали более ранние лавы, части конуса. Здесь так же, как и при извержении Аверия, мы наблюдали короткие мощные потоки, перегруженные пирокластикой оползающего конуса.

22 сентября, перейдя по жесткой горячей корке остановившегося лавового потока, мы впервые заглянули в трещину и увидели, как активно работало несколько жерл, вытянутых вдоль направления юго-юго-восток на расстояние около 100 м. Над северным и центральным жерлами стоял пульсирующий огненный столб высотой более 300 м. Бомбы взлетали на высоту до 300 м. Цепочка вяло работающих жерл располагалась чуть южнее нас. Из одних выбивались огненные всплески на высоту 40—50 м, в других лишь слегка пробублькивала лава.

Эруптивная деятельность кратеров сентябрьского прорыва была преимущественно лавовой. Объем пирокла-

стики по крайней мере на порядок был меньше объема излившихся лав.

С середины октября лава продвигалась уже за пределами старого лавового поля по лесным массивам, куда она углубилась на несколько километров.

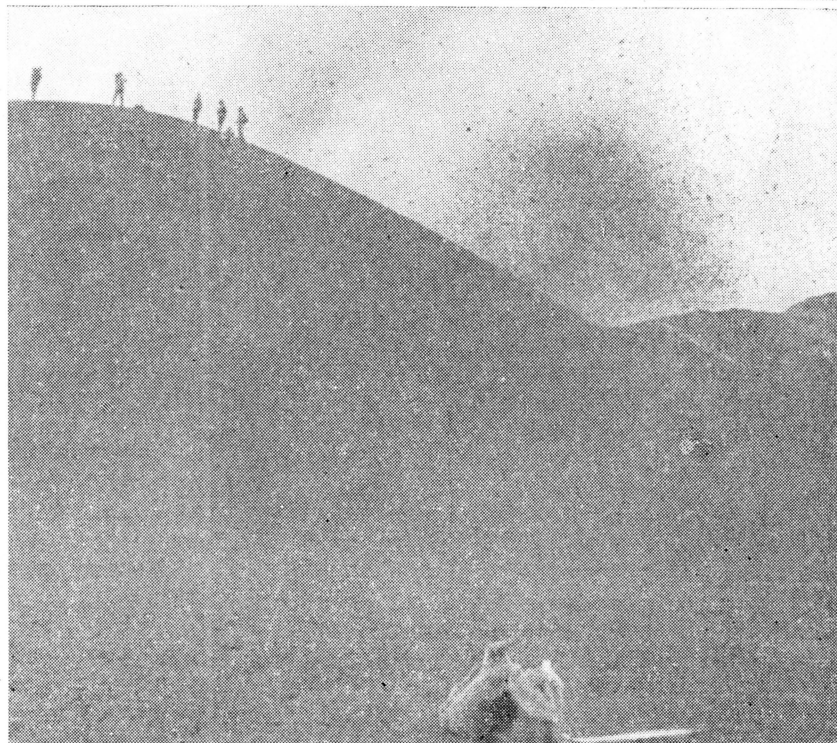
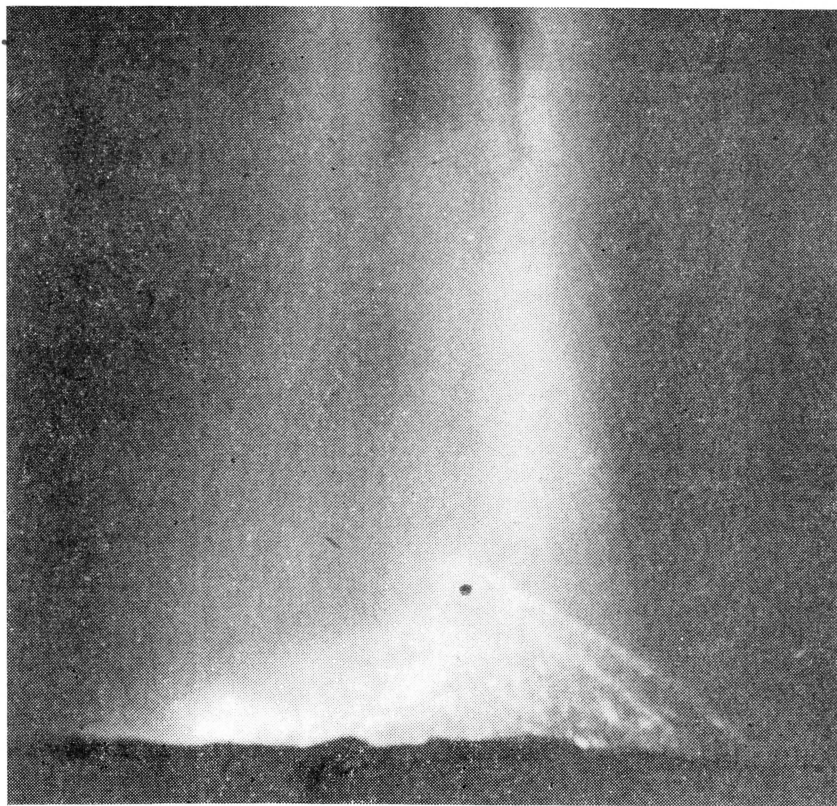
ПЕРВЫЕ НАУЧНЫЕ ИТОГИ

Мы покинули район извержения в середине октября. Наши рюкзаки и ящики были полны великолепными образцами пород, многие из которых попали к нам в руки еще горячими или теплыми. И хотя работа по анализу и обработке этого материала не закончена, кое-что можно сказать уже и сейчас.

Породы обоих, июльского и сентябрьского, прорывов были базальтовыми. Однако, если в июле на земную поверхность поступали однородные базальты, почти не содержащие кристаллов-вкрапленников, то в сентябре изверженные породы содержали до 10—15% объема белых табличек плагиоклаза размером от 1 до 2—3 см. Сrostки кристаллов плагиоклаза выбрасывались жерлами второго прорыва также и в виде отдельных пластинок или лапиллей округлой формы величиной с грецкий орех. Эти замечательные лапилли могут украсить любую минералогическую коллекцию.

■
Вулканы эффектны особенно ночью

■
Днем их можно наблюдать даже вблизи лавовых котлов





Сравнивая базальты двух извержений, можно сказать, что в первом случае это — обычные для Камчатки породы, а во втором — базальты содержат несколько большее количество щелочей.

Существенно различались в обоих прорывах объемы извергнутого на поверхность вещества и соотношение лавового и пирокластического материала. По общей предварительной оценке объем извергнутых пород обоих прорывов составляет 1,3—1,5 км³ (в конце сентября 1975 года), на первый приходится 1—1,3 км³. Коэффициент explosивности, то есть содержание пирокластики в общем объеме продуктов извержения для первого прорыва 80—85%, а для второго, вероятно, менее 10%. Основным продуктом извержения первого прорыва был газ. Его количество весьма трудно учесть, однако, по оценкам некоторых вулканологов, он может достигать 25% от массы всех продуктов извержения первого прорыва.

Изменения рельефа и ландшафтов в районе извержения были поразительно быстрыми, для геологического летосчисления — мгновенными. Новые вулканические конусы возвышались до нескольких сот метров. Лавовый поток Степаныча к моменту извержения третьего конуса оказался настолько захоронен шлаком и шлаком, что его трудно было отличить от старых потоков. На месте зеленых лесных массивов в течение недели образовалась черная шлаковая равнина. (Эти наблюдения наводят на мысль о возможном пересмотре традиционных воззрений на длительность некоторых масштабных геологических явлений. Не исключено, что

в жизни Земли происходили такие скоротечные процессы, которые можно трактовать как гигантские катастрофы.)

Площадь лавовых потоков этого извержения, в общем, меньше площадей многих потоков при других извержениях, например, Ключевского вулкана или некоторых доисторических событий в этом районе. Все лавы извержения в целом однотипны. Их относят к шлако-глыбовым — «аалавам» (это название дали лавам полинезийцы). Такие лавы имеют обычно комковатую поверхность, достигают мощности от долей метра до 7 м и, как правило, очень подвижны.

Мощность лавового потока, скорее всего, зависит от вязкости магмы, а скорость продвижения, вероятно, определяется напором магмы из жерла или трещины. Раньше при анализе возможных механизмов глубинного движения магмы мы часто уподобляли его течению воды в трубе, где, как известно, напор — основной фактор движения. Теперь мы воочию убедились, что это именно так — динамический напор регулирует скорость магматического потока. Различный напор магмы, по-видимому, имел решающее значение при формировании внешне очень различных порций лавового потока, вытекавшего из кратера Аверия. Тип ювенильной лавы в сущности здесь один и тот же. Отличия заключались лишь в скорости поступления магмы из жерл. Сначала она была очень небольшой, что и способствовало загрузке потока обломками разрушающегося конуса. Затем напор резко увеличился и лавы беспрепятственно потекла по по-

верхности; при ее большой скорости загрузки потока посторонним материалом не происходит.

Трижды в течение извержения первого, июльского, прорыва напор магмы (лавы) был особенно велик и всегда следовал за эксплозивными циклами, формировавшими шлаковые конусы: 29 июля — после образования конуса Степаныч, 23 августа — после формирования третьего конуса и 10—11 сентября — после того как закончился эксплозивный этап извержения конуса Аверий. На втором прорыве напор стабилизировался. Эти факты хорошо увязываются с динамикой извержения и с наблюдаемыми соотношениями лав и пирокластики в обоих прорывах.

Раньше предполагали, что вулканические взрывы связаны с поднимающимися в магме пузырями газа и кипением магмы. Газ и магма движутся совместно. При этом над кратером наблюдается разброс кусков магмы на небольшую высоту. Этот механизм, по-видимому, применим для объяснения деятельности второго прорыва или вулкана-трещины в первом прорыве.

Иначе обстояло дело с извержением кратеров первого прорыва. Здесь большие количества газа должны были отделиться от расплава и аккумулироваться в значительных по объему полостях. Должен существовать своеобразный природный пульверизатор, при работе которого роль руки парикмахера, давящей на резиновую грушу, играет земная кора, сжимающая полость с газом. А сама полость? Она может образоваться и существовать благодаря газовому давлению над телом магмы. Каковы



взаимоотношения между магмой и газом, заполняющим предполагаемую полость? Учитывая, что в магме на небольших глубинах в земной коре растворяются лишь доли процента воды и других летучих элементов, трудно представить, что весь объем газа связан с излившейся лавой. Либо газ накапливался независимо от поднимающейся с больших глубин к поверхности базальтовой магмы, либо на поверхность излилась крайне незначительная часть магматических масс. Скорее — второе.

Предполагаемая полость газа (по составу включений в базальтах первого прорыва) может находиться на глубине 1—2 км. Если наши представления близки к реальности, то в результате взаимодействия сжатого в полости газа и деформации кровли при изменении напряжений в земной коре следует ожидать такой последовательности: вспучивание земной коры до начала извержения вулкана, обрушение земной коры и интенсивная газовая эксплозия с возможным слабым истечением лавы, слабые обрушения и умеренная газовая деятельность с интенсивным излиянием (выдавливанием) лавы.

На разных этапах извержения деформация земной коры также различна. В период формирования газовой полости на небольших глубинах преобладают упругие и пластические деформации, а в период обрушения — деформации хрупкого разрыва. Механизм извержения второго, сентябрьского, прорыва был, по-видимому, иным и в значительной степени обусловлен гидростатическим подъемом магмы с больших глубин. Этому механизму в последнее время

большое внимание уделено в работах члена-корреспондента АН СССР С. А. Федотова.

В отличие от всех известных ранее камчатских извержений, образование новых вулканов непосредственно не связано с каким-либо крупным вулканом. И поэтому названия в периодической печати «Толбачинский прорыв», «Прорыв на склонах вулкана Толбачика» не отражают и неправильно передают суть явления. Извержение произошло на значительном удалении от вулкана, в зоне шлаковых конусов, которые протянулись цепочкой вдоль глубинного разлома земной коры. Этот разлом проходит и через усеченный конус Плоского Толбачика, удаляясь от него на северо-восток на 20 км и юго-запад почти на 40 км. Общая протяженность разлома около 60 км. Поля подобных шлаковых конусов вулканологи связывают с трещинным вулканизмом, однако в данном случае необычно сочетание типично трещинной зоны с крупной постройкой центрального типа трехкилометровой высоты. Для этой зоны известный советский вулканолог Б. И. Пийп предложил термин «региональная зона шлаковых конусов».

Повышенный интерес геологов к извержениям в региональной зоне объясняется тем, что здесь можно наблюдать активность глубинного разлома в чистом виде. До сих пор на Камчатке таких извержений люди не видели. (Правда, в 1941 году при одновременном извержении Плоского Толбачика и побочного кратера на высоте 2000 м из последнего вылился небольшой поток, однако масштабы этого извержения были невелики,

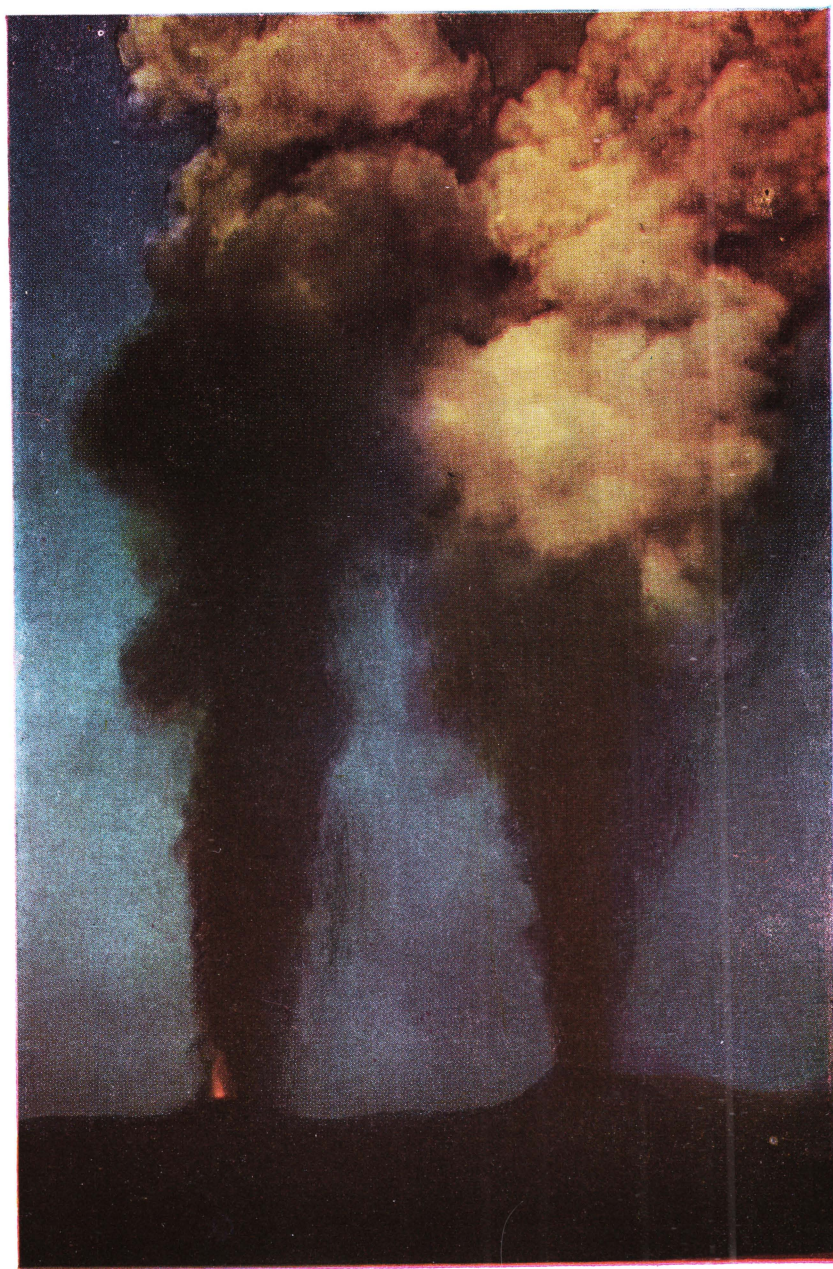
и описано не само извержение, а его последствия.)

При извержении 1975 года вся система глубинного разлома была приведена в движение. Наблюдались обрушения и в кратере Плоского Толбачика. Сейсмические толчки отмечались также и в северо-восточной ветви разлома, хотя здесь и не происходило извержения магмы на поверхность.

Как же взаимосвязаны между собой новые вулканические образования, протянувшиеся вдоль всего разлома? Каков характер этой связи?

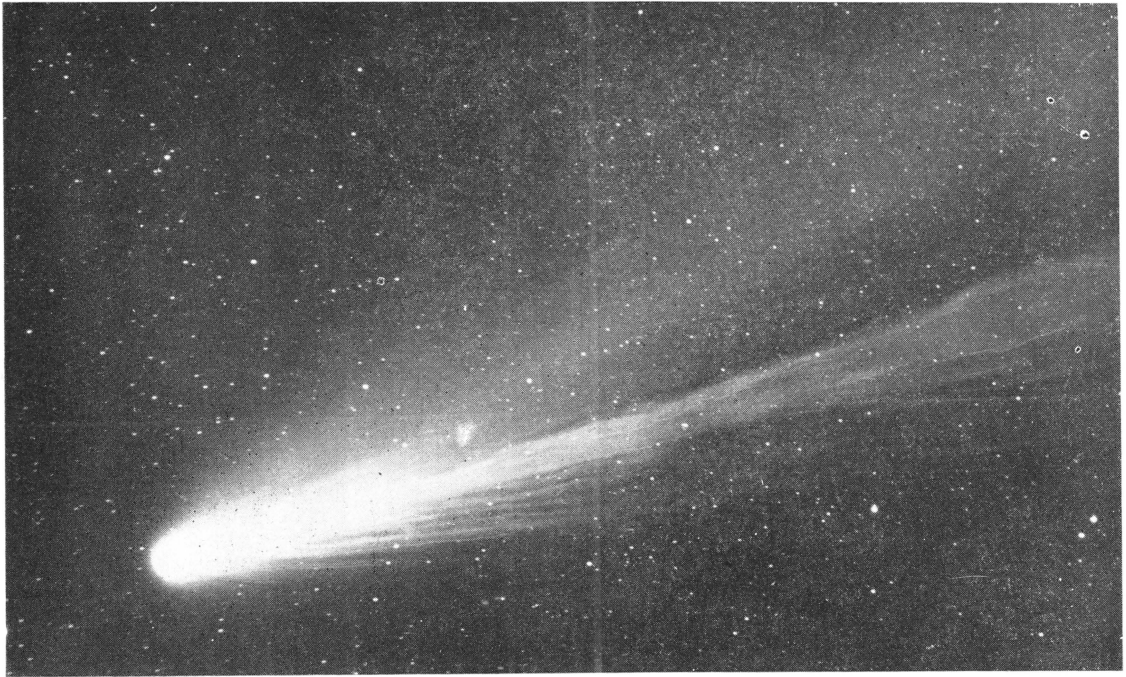
По сейсмическим данным, в земных недрах вдоль разлома на глубинах от 80 до 30—35 км, то есть на границе между корой и мантией и в самой мантии Земли, обнаружена сейсмическая «тень» (область затухания сейсмических колебаний). Возможно, это и есть магматический очаг. Трудно судить о форме такого глубинного источника магмы, однако ясно, что там, где магматическая тень поднимается вверх, в недрах земной коры источник имеет вид мощной дайки или магматического клина. Дайка, вероятно, неправильного пилообразного профиля, в котором каждый «зуб» может эволюционировать по-своему. В этом смысле справедливо говорить об относительно независимых источниках магмы для обоих прорывов.

Извержение 1975 года было первым, для которого проведены детальные визуальные и инструментальные наблюдения во всех его фазах. Впервые для изучения извержения была организована комплексная экспедиция «Извержение», включающая специалистов всех основных подразделе-



■ ■ ■

Извержение на Камчатке летом 1975 года. Сказочным выглядит извержение ночью. Привлекают внимание мини-вулканчики. Один из них виден на верхнем правом снимке. Редкое зрелище для вулканологов — два конуса, над которыми на многокилометровую высоту взметнулись столбы газа и пепла.





ний Института вулканологии ДВНЦ АН СССР. Действительным участником экспедиции и ее научным руководителем был директор института, член-корреспондент АН СССР С. А. Федотов. В работах по изучению извержения приняли участие сотрудники многих научных центров страны.

После этого уникального извержения невольно согласишься с различ-

ными определениями слова «вулкан» в книге В. И. Влодавца «Вулканы Земли». Действительно, вновь рожденные вулканические постройки можно сравнить с «гейзером, в котором движущей силой являются пары воды» (С. Аррениус), и, действительно, вулкан — это «окно, благодаря которому мы познаем состав глубинного вещества» (Г. Макдональд).

Извержение в толбачинской региональной зоне шлаковых конусов в 1975 году обогатило наши знания о вулканах и вулканических процессах. «Мы считаем себя посвященными, но мы еще только у дверей храма» — две тысячи лет назад эти слова написал великий философ Сенека, и мы вновь повторяем их.

КОМЕТА УЭСТА

В первых числах марта 1976 года, по утрам, в восточной части неба можно было наблюдать яркую комету. Выходила комета рано и хорошо была видна невооруженным глазом.

Открыл эту комету Р. Уэст (Европейская южная обсерватория) в ноябре 1975 года на пластинках, снятых еще в августе — сентябре 1975 года. В то время комета была



далеким и ничем не примечательным объектом южного неба. Однако расчеты ее орбитального движения показали, что скоро комета 1976 года станет одним из интереснейших объектов для наблюдателей в северном полушарии.

На первых пластинках, полученных Уэстом 10 августа 1975 года, комета имела 16 или 17 величины. По мере приближения к Солнцу ее блеск возрастал: 1 января 1976 года комета была 10 величины, 4 января — 9,5 величины, 1 февраля — около 7 величины. Перигелий она прошла 25 февраля. Наблюдать ее в это время не удалось, поскольку угло-

вое расстояние кометы от Солнца составляло $8,5^\circ$.

После прохождения перигелия комета Уэста оказалась на 1,5 звездной величины ярче, чем ожидалось. В начале марта ее голова имела примерно такой блеск, как Юпитер, и даже в первых числах апреля комета все еще была 5-й звездной величины.

Орбиту кометы Уэста рассчитал Б. Марсден (США) на основании 40 позиционных наблюдений кометы, выполненных с августа 1975 года по 22 марта 1976 года. Двигается комета по сильно вытянутому эллипсу с периодом около 300 тыс. лет. В перигелии 25 февраля 1976 года ее отделило от Солнца 0,196630 а.е. (29,28 млн. км). Поскольку сейчас комета удаляется от Солнца, планетные возмущения могут сделать орбиту еще более вытянутой, так что следующее возвращение к перигелию может произойти и через миллион лет.

«Sky and Telescope», 51, 3, 5, 1976.

Комета Уэста 11 марта 1976 года. Снимок сделал сотрудник Крымской астрофизической обсерватории АН СССР Н. С. Черных на двойном 40-сантиметровом астрографе. На пластинке астрографа поместилась только часть кометного хвоста протяженностью 5°

Комета Уэста 12 марта 1976 года. Н. С. Черных сфотографировал комету малоформатной камерой. Длина каждой из трех ветвей хвоста кометы около 20°



Иосиф Самуилович Шкловский

(К 60-летию со дня рождения)

1 июля 1976 года выдающемуся советскому астрофизику, члену-корреспонденту АН СССР Иосифу Самуиловичу Шкловскому исполнилось 60 лет. На протяжении последних 20 лет И. С. Шкловский — один из ведущих советских астрономов, чей авторитет безоговорочно признан.

Иосиф Самуилович Шкловский родился в 1916 году в небольшом городке Глухове, на Украине. Вместе с семьей он побывал на многих стройках, где работал его отец, а после окончания 7 класса и сам работал десятником на строительстве Байкало-Амурской железной дороги. В 1933 году И. С. Шкловский самостоятельно подготовился к поступлению во Владивостокский университет, а с третьего курса перевелся на физический факультет Московского университета. С тех пор более 40 лет его научная биография связана с Московским университетом.

После окончания университета в 1938 году И. С. Шкловский был принят в аспирантуру Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга. В 1944 году он защитил кандидатскую диссертацию, в которой рассмотрел определение понятия температуры при отсутствии термодинамического равновесия. Непосредственное применение эти исследования нашли в теории солнечной короны. Физические условия в короне казались тогда почти фантастическими. Иосиф Самуилович планомерно отстаивал горячую модель солнечной короны (температура около миллиона градусов), объяснявшую все наблюдаемые факты. Эти работы легли в основу монографии И. С. Шкловского «Солнечная коро-

на», вышедшей в свет в 1951 году. Новое переработанное издание монографии появилось в 1962 году.

В 50-е годы И. С. Шкловский одним из первых в Советском Союзе начал вводить в астрономию современные физические понятия, использовать методы теоретической и экспериментальной физики, в первую очередь атомной и молекулярной спектроскопии, теории ионизации плазмы, далекой от равновесного состояния. Для его научной деятельности в этот период характерно тесное сотрудничество с Крымской астрофизической обсерваторией и, особенно, с академиком Г. А. Шайном — ученым, обладавшим необыкновенной научной интуицией, заложившим основы современной отечественной астрофизики, человеком величайшего обаяния и необыкновенной скромности. Дружбу с ним Иосиф Самуилович сохранил надолго.

50-е годы ознаменовались развитием радиоастрономии. И. С. Шкловский активно включился в эти исследования и первый среди отечественных астрофизиков оценил перспективы зарождавшейся отрасли науки.

Мышлению И. С. Шкловского присуща ясность и простота. Основная идея всех его работ может быть легко понята даже неспециалистом. В основе творчества И. С. Шкловского лежат наблюдения, он не оставляет без внимания ни один факт. Метод его исследований можно уподобить, пожалуй, методу Шерлока Холмса, расследующего сложное преступление по всем известным фактам и едва заметным следам. После опубликования очередной работы И. С. Шкловского или после его доклада на семинаре

кажется, что факты и выводы, сделанные из них, очевидны. Многие, если не большинство, работ Иосифа Самуиловича допускают экспериментальную проверку на базе уже существующей наблюдательной техники. Так, ознакомившись в 1948 году с малоизвестной работой Ван де Хюльста, И. С. Шкловский выполнил точный квантово-механический расчет интенсивности радиолинии водорода с длиной волны 21 см. Эта линия образуется при переходе между подуровнями сверхтонкой структуры основного состояния атома водорода. Тогда же И. С. Шкловский показал, что линию 21 см, излучаемую водородом в Галактике, можно обнаружить имевшимися в то время радиотелескопами. Через три года, в 1951 году, эти наблюдения были успешно проведены практически одновременно в США, Австралии и Голландии.

В 1949 году И. С. Шкловский рассмотрел также возможность генерации линий в сантиметровом и дециметровом диапазонах различными атомами и молекулами, существование которых в межзвездной среде можно было лишь предполагать. В 1953 году он вычислил частоты и ожидаемые интенсивности этих линий. Эти расчеты подтвердились 10 лет спустя (1963), когда была открыта радиолиния молекулы гидроксила на длине волны 18 см. Позднее, в 1972 году, экспериментаторы обнаружили и радиолинию дейтерия с длиной волны 91 см. Вскоре после открытия в 1965 году мазерных источников гидроксила И. С. Шкловский предложил механизм накачки инфракрасным излучением, а сами источники связал с протозвездами. Эта ги-



позе получила всеобщее признание. В 1965 году И. С. Шкловский разработал метод определения температуры реликтового излучения Вселенной по интенсивности межзвездных линий циана.

Теоретик-астрофизик И. С. Шкловский необычайно тонко чувствует возможности эксперимента. Именно поэтому ему в 1954 году удалось объединить вокруг себя коллектив экспериментаторов. Почти сразу после организации отдела радиоастрономии в Государственном астрономическом институте имени П. К. Штерн-

берга были выполнены совместно с Физическим институтом АН СССР исследования структуры Галактики по наблюдениям в линии 21 см. И. С. Шкловский стал инициатором эксперимента, в ходе которого удалось обнаружить непрерывный спектр радиоизлучения газовых ионизованных туманностей (туманности Ориона и Омега). Он организовал затменные и внезатменные наблюдения солнечной короны в линиях многократно ионизованного железа (Fe XIII с длинами волн 10 747 и 10 798 Å) и обширные исследования свечения ночного и сумеречного неба. На службу экспериментальной астрофизике были поставлены новые детекторы — малошумящие, высокочувствительные электронно-оптические преобразователи. Это направление и сейчас плодотворно развивают в Государственном астрономическом институте имени

П. К. Штернберга В. Ф. Есипов, Т. А. Лозинская и П. В. Щеглов.

Яркой иллюстрацией творческого подхода к проблеме является цикл работ И. С. Шкловского, посвященный Крабовидной туманности. В 1953 году он высказал предположение, что ее радиоизлучение имеет синхротронную природу, а затем объяснил действием того же механизма и оптическое свечение «аморфной» массы. Это устранило существовавшие тогда непреодолимые трудности, связанные с гигантской массой туманности — порядка 20 солнечных. Такая масса получалась в предположении теплового механизма излучения Крабовидной туманности. В сущности, именно с этой работы началось широкое использование синхротронного механизма для объяснения природы многих астрофизических объектов и, в первую очередь, галактических и внега-

И. С. Шкловский с сотрудниками отдела радиоастрономии Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга. Слева направо: В. Г. Курт, В. И. Мороз, И. С. Шкловский, П. В. Щеглов, В. Ф. Есипов (1958 г.)

лактических радиоисточников. В 1960 году И. С. Шкловский, исходя из синхротронной природы излучения другого остатка сверхновой — туманности Кассиопея А, предсказал вековое уменьшение потока ее радиоизлучения. Изменение потока от Кассиопеи А в том же году зарегистрировали английские радиоастрономы.

Существенным шагом в понимании внегалактических радиоисточников стало доказательство И. С. Шкловским синхротронной природы оптического излучения знаменитого выброса из ядра радиогалактики Дева А. Это доказательство было подтверждено открытием сильной поляризации отдельных конденсаций в выбросе. Значительно позже, в 1965 году, Иосиф Самуилович дал объяснение переменности радиоизлучения квазаров и предсказал (по аналогии с расширением оболочек сверхновых звезд) эволюцию их спектров при расширении «плазмонов», содержащих релятивистские частицы и магнитные поля. Это было первое теоретическое обоснование наблюдаемой переменности радиоисточников, приведшее в дальнейшем к открытию множества подобных объектов не только в нашей Галактике, но и далеко за ее пределами — в квазарах. Результаты многолетних радиоастрономических работ И. С. Шкловский обобщил в книгах «Космическое радиоизлучение» (1956) и «Сверхновые звезды» (1966).

В 1956 году И. С. Шкловский внес существенный вклад в изучение классических объектов астрофизики — планетарных туманностей. Считая, что планетарные туманности расширяются с малой скоростью (без взрыва) в межзвездном пространстве, И. С. Шкловский предложил прин-



Ван де Хюлст, И. С. Шкловский и С. Б. Пикельнер на съезде Международного астрономического союза (1958 г.)

И. С. Шкловский на одном из заседаний Всесоюзной школы по проблеме СЕТИ (1975 г.)

ципиально новый способ определения расстояний до них. Это позволило разработать теорию их эволюции и выяснить их генезис. И. С. Шкловский установил связь красных гигантов в конце их эволюции с планетарными туманностями и белыми карликами, как бы «вылупляющимися» из ядра красных гигантов.

Человек с необыкновенно широким кругом научных интересов, И. С. Шкловский много лет посвятил проблемам геофизики, живо интересуясь свечением верхней атмосферы Земли, физикой полярных сияний и околоземного пространства. Одной из лучших его работ явилось отождествление инфракрасных линий свечения ночного неба, незадолго до этого открытых А. Мейнелом (США) и В. И. Красовским, с вращательно-колебательным спектром молекулы гидроксидила на высотах около 90 км. Интерпретация спектров свечения протонных полярных сияний, сделанная И. С. Шкловским, составила целую эпоху в геофизике и повлияла на формирование программы исследований во время Международного геофизического года.

И. С. Шкловский также детально исследовал проблему диссипации верхних атмосфер планет, выяснил природу эмиссии H_α в спектре свечения ночного неба. Ему принадлежит первая интерпретация измерений потоков заряженных частиц в радиационных поясах Земли по данным искусственных спутников и автоматических межпланетных станций. Идея, высказанная И. С. Шкловским, была реализована в экспериментах по испарению с ракет натрия — «искусственная натриевая комета».

С 1968 года Иосиф Самуилович возглавляет отдел астрофизики в Институте космических исследований АН СССР. Здесь под его руководством ведутся теоретические и экспериментальные исследования в радио-, рентгеновском, ультрафиолетовом и гамма-диапазонах, а также в инфракрасной и субмиллиметровой областях спектра. И. С. Шкловский не оставил и преподавательскую работу на кафедре астрофизики Московского университета и по-прежнему руково-

дит отделом радиоастрономии в Государственном астрономическом институте имени П. К. Штернберга.

И. С. Шкловский сочетает в себе блестящий талант исследователя, лектора и популяризатора астрономии. Начиная с 1953 года он несколько лет читал курс радиоастрономии в университете. На его лекции собирались научные сотрудники многих институтов Москвы. На протяжении 30 лет студенты-астрономы слушали его лекции по квантовой механике, астрофизике, радиоастрономии, физике Солнца. Сегодня эти курсы читают профессора и доценты — бывшие студенты и аспиранты И. С. Шкловского. Трудно перечислить всех астрономов и геофизиков Советского Союза, считающих себя его учениками. Они работают в различных институтах страны.

И. С. Шкловский — непревзойденный популяризатор сложнейших областей современной астрономии. Его книги «Радиоастрономия» (1953), «Вселенная, жизнь, разум» (выдержавшая уже три издания) и «Звезды: их рождение, жизнь и смерть» (1975) хорошо известны широкому кругу читателей, в том числе биологам, математикам, литераторам. Все его монографии и научно-популярные книги переизданы также за рубежом — в США, Англии, Японии и в социалистических странах.

Признанием выдающихся заслуг Иосифа Самуиловича Шкловского перед советской наукой явилось присуждение ему Ленинской премии и избрание членом-корреспондентом

Монографии и книги И. С. Шкловского, получившие широкую известность



Академии наук СССР. И. С. Шкловский — иностранный член Академии наук США, Королевского астрономического общества Великобритании и Американского астрономического общества. В 1973 году ему была вручена золотая Брюссельская медаль, присуждаемая Тихоокеанским астрономическим обществом за выдающиеся работы в области астрономии.

И. С. Шкловский встретил свое 60-летие в расцвете творческих сил. Он плодотворно трудится в наиболее актуальных областях астрономии: занимается исследованием дискретных рентгеновских источников, галактических ядер и сверхновых звезд.

Пожалуй, главное, что отличает Иосифа Самуиловича от других специалистов, признанных «знатоков» своего дела, — это большое количество оригинальных идей, которые всегда «привязаны» к наблюдениям и открывают новые пути для дальнейших экспериментов. Известна разносторонность его интересов и личное обаяние. Он вносит в науку спортивный задор, дух соревнования. Вокруг него всегда много молодежи, всегда кипят споры, обсуждаются новые идеи, эксперименты. Пожелаем ему долгих лет жизни, здоровья и, конечно, больших успехов в науке.

Доктор физико-математических наук

Ю. И. ГАЛПЕРИН

Доктор физико-математических наук

Н. С. КАРДАШЕВ

Доктор физико-математических наук

В. Г. КУРТ

Доктор физико-математических наук

В. И. МОРОЗ

Кандидат физико-математических наук

Г. Б. ШОЛОМИЦКИЙ



ЮБИЛЕЙ В. А. РУСАНОВА

15 и 16 ноября 1975 года в Орле проходила Всесоюзная конференция, посвященная 100-летию со дня рождения выдающегося исследователя Арктики Владимира Александровича Русанова. Ее устроители — Орловский обком КПСС и Московский филиал Географического общества СССР.

Было заслушано более двадцати докладов и сообщений о многогранной деятельности и необычной судьбе этого одаренного человека. Почтить память легендарного полярника собрались представители партийных, советских и общественных организаций города и области, ученые Москвы, Ленинграда, Архангельска, Сыктывкара, старейшие исследователи Севера, уже при Советской власти продолжившие начатое Русановым освоение Арктики.

О государственном и научном значении исследований В. А. Русанова в Арктике рассказал его биограф В. М. Пасецкий, основываясь на многолетних архивных поисках. Гидрографическим и картосоставительским работам В. А. Русанова посвятил свой доклад начальник Ленинградского гидрографического предприятия А. К. Жилинский.

Народ коми хранит память об исследователе Печорского края В. А. Русанове, — говорил в своем сообщении научный сотрудник Института языка, литературы и истории Коми филиала АН СССР В. И. Чупров. Вклад В. А. Русанова в научное исследование и практическое освоение Новой Земли и Шпицбергена — тема доклада ученого секретаря Института геологии Коми филиала АН СССР Н. И. Тимонина и научного сотрудника Института географии АН СССР В. С. Корякина.

На конференции горячо обсуждалась «Североземельская гипотеза» о возможном открытии островов Северной Земли экспедицией В. А. Русанова. Поводом к возникновению этой гипотезы была находка в заливе Ахматова остатков лагеря неизвестного морехода. Этот лагерь обнаружила группа гидрографов под руководством П. Я. Михаленко в 1947 году. Был ли неизвестный мореход участником экспедиции Русанова остается недоказанным. Вероятно, потребуются самые тщательные обследования района находки.

А. Н. УСТИНСКИХ

Всеволод Васильевич Шаронов

(Очерк жизни и деятельности)

10 марта 1976 года исполнилось 75 лет со дня рождения выдающегося советского астронома, крупнейшего специалиста в области фотометрии, профессора Ленинградского государственного университета Всеволода Васильевича Шаронова.

Всеволод Васильевич — сын известного певца Мариинского театра (ныне Академический театр оперы и балета имени С. М. Кирова) Василия Семеновича Шаронова. Астрономией Всеволод Васильевич увлекся еще в гимназии и, окончив ее, поступил в 1918 году на физико-математический факультет Петроградского университета. В 1919 году его призвали в Красную Армию. В армии Всеволод Васильевич был сначала лектором и культпросветработником, затем его перевели во флот, где он занимался гидрографическими исследованиями, вычислял астрономические эфемериды, составлял мореходные таблицы и участвовал в работах по триангуляции побережья Финского залива. После демобилизации В. В. Шаронов вернулся к занятиям в университете и окончил его в 1926 году по специальности астрономия. В 1929 году Всеволод Васильевич защитил кандидатскую диссертацию «Фотометрический клин, его теория и исследование».

Несколько лет В. В. Шаронов работал на Ташкентской астрономической обсерватории, а возвратившись в Ленинград, стал сотрудником Научно-исследовательского института аэростемки, затем — Пулковской обсерватории и, наконец, Астрономической обсерватории Ленинградского университета. С этой обсерваторией он был связан до конца своих дней. В течение



30 лет В. В. Шаронов заведовал созданной им фотометрической лабораторией и около 10 лет был директором обсерватории.

Научные интересы Всеволода Васильевича были очень разнообразны. В юношеские годы он в течение ряда лет возглавлял отдел наблюдений Солнца при Русском обществе любителей мирозведения. В. В. Шаронов организовал первую в нашей стране регулярную службу Солнца и опубликовал ряд инструкций по технике наблюдений Солнца. Результаты его солнечных исследований (он их вел с 1915 по 1930 год) обобщены в монографии «Солнце и его наблюдения», которая была издана в 1948 и переиздана в 1953 годах.

■
*Всеволод Васильевич Шаронов
(1901—1964)*

В. В. Шаронов был ревностным и удивительно счастливым наблюдателем солнечных затмений. Он наблюдал семь полных затмений и всегда успешно. Наша первая совместная с ним экспедиция по наблюдению затмения 1936 года проходила в деревне Бартат около Красноярска. В соседних деревнях, разбросанных на расстоянии нескольких километров, расположились другие экспедиции. В день затмения мы с ужасом увидели, что по небу бегут низкие крупные облака. Но в момент полной фазы над нами оказался широкий просвет, в который сияла корона. Соседним экспедициям не повезло — Солнце спряталось за облака. Солнечное затмение 20 июля 1963 года (последнее для него) Всеволод Васильевич наблюдал на Курильских островах. Во время всех затмений он неизменно определял интегральную яркость короны, измерял ее цвет с помощью синего клина фотометра Розенберга.

Всеволод Васильевич всегда стремился применять результаты своих научных исследований к задачам практики. Многие его работы связаны с вопросами освещенности и видимости. Он создал теорию измерителя видимости и разработал новый прибор, названный им «дымкомером». В 1940 году В. В. Шаронов защитил докторскую диссертацию «Измерители видимости». Во время войны его научная деятельность, как и деятельность возглавлявшейся им лаборатории, была посвящена измерению видимости. Он написал на эту тему две монографии: «Видимость далеких предметов и огней» (1944), «Измерение и расчет видимости далеких предметов» (1947).



Не менее важны его работы по абсолютной фотометрии и колориметрии Луны и планет. Он предложил методы измерений отражательной способности, или альbedo, небесных тел, а также специальные методы сравнения со светом Солнца, позволяющие определять «показатель желтизны», то есть цвет поверхности небесных тел. Абсолютную фотометрию Всеволод Васильевич с большим успехом применял к изучению природы лунной поверхности. Он провел три серии измерений лунных деталей в 1928, 1935 и 1938 годах и для каждой де-

тали — горы, кратера, участка моря и т. д. — получил значения яркости во время разных лунных фаз. Им опубликованы таблицы и графики, демонстрирующие изменение с фазой различных фотометрических характеристик более 100 лунных объектов.

Чтобы лучше представить себе, чем сложена Луна, Всеволод Васильевич изучил тысячи образцов земных горных пород и минералов. Он увлекался геологией, прекрасно знал ее и даже собрал геологическую коллекцию. В результате своих исследований В. В. Шаронов выдвинул теорию о том, что коренные горные породы на Луне скрыты покровом более позднего происхождения. Для объяснения наблюдаемого хода яркости лунных

образований с фазой он предположил, что этот покров имеет сильно ноздреватое, губчатое строение, напоминающее структуру земных вулканических шлаков, а цвет его очень темный, серовато-бурий. Он подобрал близкий по характеристикам темный губчатый минерал и показал этот «лунный камень» еще в 1960 году на международном симпозиуме, посвященном изучению Луны. Все мы, видевшие этот камень, впоследствии были потрясены, до чего настоящий лунный образец, доставленный на Землю в сентябре 1970 года автоматической станцией «Луна-16», оказался похожим на него. Всеволод Васильевич считал, что лунная поверхность сформировалась под действием метеоритных ударов, сопровождавшихся взрывными явлениями и высокой температурой. Так возникла его (разработанная совместно с Н. Н. Сытинской) «метеорно-шлаковая» теория строения наружного покрова лунной поверхности — реголита.

Всеволод Васильевич организовал и провел большую серию фотометрических и колориметрических наблюдений Марса во время великих противостояний 1939, 1956 годов и противостояния 1958 года. Он также выполнил лабораторные определения альbedo и цвета множества образцов покрова земных пустынь, песков и других форм коры выветривания. После этого В. В. Шаронов предположил, что поверхность материков Марса покрыта лимонитовым алевритом — мелкой мучнистой пылью, которая состоит или из чистого лимонита или из глинистых частиц, сильно окрашенных лимонитом. Воздушные течения поднимают в атмосферу эту пыль,

В. В. Шаронов просматривает коллекцию минералов

порождая «оранжевые» туманы, часто наблюдаемые на Марсе.

В. В. Шаронов исследовал «явление Ломоносова» на Венере и доказал приоритет М. В. Ломоносова в открытии атмосферы Венеры. Результатом многолетних занятий проблемами планетоведения явилась его большая монография «Природа планет» (1958), посмертно вышла в свет книга «Планета Венера» (1965).

В последние годы жизни Всеволод Васильевич изучал серебристые облака. Во время Международного геофизического года (1957—1959) он возглавлял работы, которые велись в этой области в СССР. Занимаясь фотометрическими и колориметрическими наблюдениями серебристых облаков, В. В. Шаронов установил, что рассеяние света в них близко к релеевскому. Следовательно, серебристые облака должны состоять из очень мелких частиц.

В. В. Шаронов опубликовал более 300 научных работ и популярных статей. Он был талантливым популяризатором и прекрасным лектором, активно работал во Всесоюзном астрономо-геодезическом обществе. В 1953 году В. В. Шаронов принял живейшее участие в организации реферативного журнала «Астрономия» и до конца своих дней был редактором отдела «Солнечная система».

Более 30 лет читал Всеволод Васильевич лекции в Ленинградском университете, и читал их превосходно. Он был прекрасным педагогом, умел заставить человека поверить в свои силы. «Вы должны сделать эту работу. На вас смотрит весь мир», — говорил он часто. Работал Всеволод Васильевич очень много и плодотвор-



но. И что бы он ни делал — читал ли лекции, проводил ли кропотливые фотометрические измерения, поднимался ли на самолете для наблюдения полного солнечного затмения, спускался ли в кратер вулкана для исследования лав и пеплов, собирал ли пески и камни для сравнения с Марсом и Луной — все он делал с увлечением. Он обладал удивительным даром заражать своим энтузиазмом тех, кто был с ним рядом.

Всеволод Васильевич Шаронов был

ярким и очень деятельным человеком. Он любил жизнь и радовался ей. Он любил вкусно поесть, несмотря на свою полноту и запреты врачей, любил путешествовать, любил работать — наблюдать, писать, выступать с докладами и лекциями. Теперь, когда космические аппараты приносят нам новые сведения о планетах, мы часто думаем, как жаль, что нет Всеволода Васильевича, как радовался бы он этим успехам, сколько новых мыслей появилось бы у него, как много бы он написал новых увлекательных книг.

В. В. Шаронов готовит аппаратуру к наблюдениям

Кандидат физико-математических наук
Л. Н. РАДЛОВА



Член-корреспондент АН СССР
Ю. Д. БУЛАНЖЕ

Геодезические науки на XVI Генеральной ассамблее МГТС

Предлагаемые вниманию читателя материалы посвящены актуальным вопросам наук о Земле, обсуждавшимся в 1975 году на очередной XVI Генеральной ассамблее Международного геодезического и геофизического союза («Земля и Вселенная», № 6, 1975, стр. 48—49.—Ред.). О деятельности Международной ассоциации геодезии рассказывает член-корреспондент АН СССР Ю. Д. Буланже, работа Международной ассоциации физических наук об океане отражена в статье доктора физико-математических наук Р. В. Озмидова.

В Гренобле, известном всему спортивному миру французском городке, где проходили зимние Олимпийские игры, с 25 августа по 5 сентября 1975 года состоялся очередной форум геодезистов и геофизиков — XVI Генеральная ассамблея Международного геодезического и геофизического союза. Это крупнейший союз в системе Международного совета научных союзов при ЮНЕСКО, который координирует деятельность неправительственных организаций в области геодезии и геофизики («Земля и Вселенная», № 6, 1975, стр. 48—49.—Ред.).

Деятельность союза и даже отдельных, входящих в него ассоциаций весьма разнообразна. Автор в своей научной и организационной работе тесно связан лишь с Международной ассоциацией геодезии (МАГ), и

потому читатель здесь будет ознакомлен только с наиболее важными и интересными научными результатами, представленными на Генеральной ассамблее МАГ.

МАГ — старейшее международное научное объединение геодезистов, история которого насчитывает более 100 лет. Эта ассоциация координирует работу пяти секций: Основные геодезические сети, Спутниковая геодезия, Гравиметрия, Теория и ее развитие, Физическая интерпретация. В секциях для проведения длительных исследований обычно создаются международные комиссии перманентного характера, а для решения какой-либо частной проблемы — специальные исследовательские или рабочие группы. В настоящее время в системе МАГ восемь комиссий: Комиссия по основным континентальным геодезическим сетям, Гравиметрическая комиссия, Международная комиссия по изучению земных приливов, Международная комиссия по геодезической библиографии, Международная комиссия по изучению современных движений земной коры, Комиссия по спутниковой геодезии, Комиссия по геодезическому образованию, Региональная комиссия по геодезическим работам в Африке.

Такие комиссии, как гравиметрическая, по изучению земных приливов и современных движений земной коры, имеют постоянные международные центры, которые собирают, перерабатывают и обобщают тематические материалы. Через эти центры происходит обмен данными между странами. Наиболее активно работающим международным цент-

ром является Международное гравиметрическое бюро в Париже.

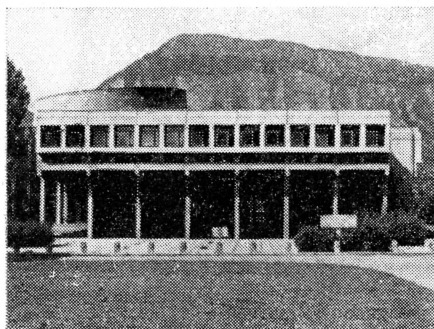
В Гренобле состоялись научные заседания всех секций, большей части рабочих и исследовательских групп. На заседаниях исполкома и совета МАГ обсуждались административные вопросы.

ЕДИНАЯ ГЕОЦЕНТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КООРДИНАТ

Предыдущее и последующее четырехлетия, вероятно, можно рассматривать как важнейший этап развития спутниковой геодезии. В настоящее время, используя различные измерительные системы, установленные на спутниках, удается с поразительной точностью, о которой десять лет назад лишь мечтали, решать основные фундаментальные задачи геодезии — создание единой глобальной геодезической основы, отвечающей самым высоким требованиям.

Особенно серьезный прогресс достигнут при наблюдении спутников, входящих в навигационную спутниковую систему США, с помощью портативной наземной доплеровской аппаратуры «Геосивер». Современная модификация этой аппаратуры изготовляется в виде трех блоков, общий вес которых около 20 кг. Один блок с малогабаритной антенной используется непосредственно в полевых работах, а два других представляют собой систему для полной обработки наблюдательных данных. Эта система позволяет определять геодезические координаты пунктов в единой геоцентрической системе координат с точностью 1—2 м.

Аппаратура типа «Геосивер» ис-



пользуется во многих странах. Основная часть территории США через каждые 150—200 км уже покрыта сетью доплеровских пунктов. Сейчас их определено 80, а в ближайшее время будет до 120. Кроме того, дополнительные пункты создаются на Аляске, Гавайях и других территориях, входящих в состав США. В Канаде 108 пунктов, в Австралии — 27.

Совместная обработка полигонометрии (наземных данных) и доплеровских определений координат пунктов в США (с помощью спутников) дала возможность сравнить положение

пунктов обеих геодезических сетей. Координаты, определенные доплеровским методом, оказались ошибочными в плане приблизительно на 2 м, а по высоте геоида — в среднем на $\pm 0,94$ м. Можно ожидать, что в результате применения доплеровского метода с помощью спутников будет создана единая глобальная система геодезических координат на всех континентах мира с точностью от ± 2 до ± 4 м.

Чтобы быстрее реализовать возможности этого метода, в рамках Комиссии по основным континентальным геодезическим сетям создано шесть территориальных подкомиссий с участием стран, которых интересуют практические пути создания геодезических сетей на всех континентах мира.

Переход на единую геоцентрическую систему координат для решения задач прикладного характера выдвигает новую, весьма сложную проблему изучения стабильности этой системы во времени. Сейчас мы располагаем весьма скудными сведениями о нестабильности геодезических сетей на поверхности Земли и не имеем никаких данных об относительной стабильности координат центра масс Земли.

Пока мы лишь констатируем движение полюсов, относительные горизонтальные перемещения отдельных блоков коры и вполне заметные периодические или квазипериодические вертикальные движения довольно больших регионов. В целом на планете сведения об этих явлениях крайне скудны. Поэтому во время Генеральной ассамблеи МАГ было уделено значительное внимание обоим аспектам этой исключительно сложной проблемы.

ДЛИННОБАЗИСНАЯ РАДИОИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ

Благодаря быстрому повышению точности геодезических измерений с каждым годом все острее становится проблема учета деформаций как глобальных, так и региональных геодезических сетей. Все более и более необходимо введение в геодезические данные четвертой координаты — времени, особенно остро это чувствуется уже теперь для вертикальной координаты. В МАГ разработка этой проблемы возложена на Международную комиссию по изучению современных движений земной коры. На заседании комиссии и международного симпозиума рассматри-

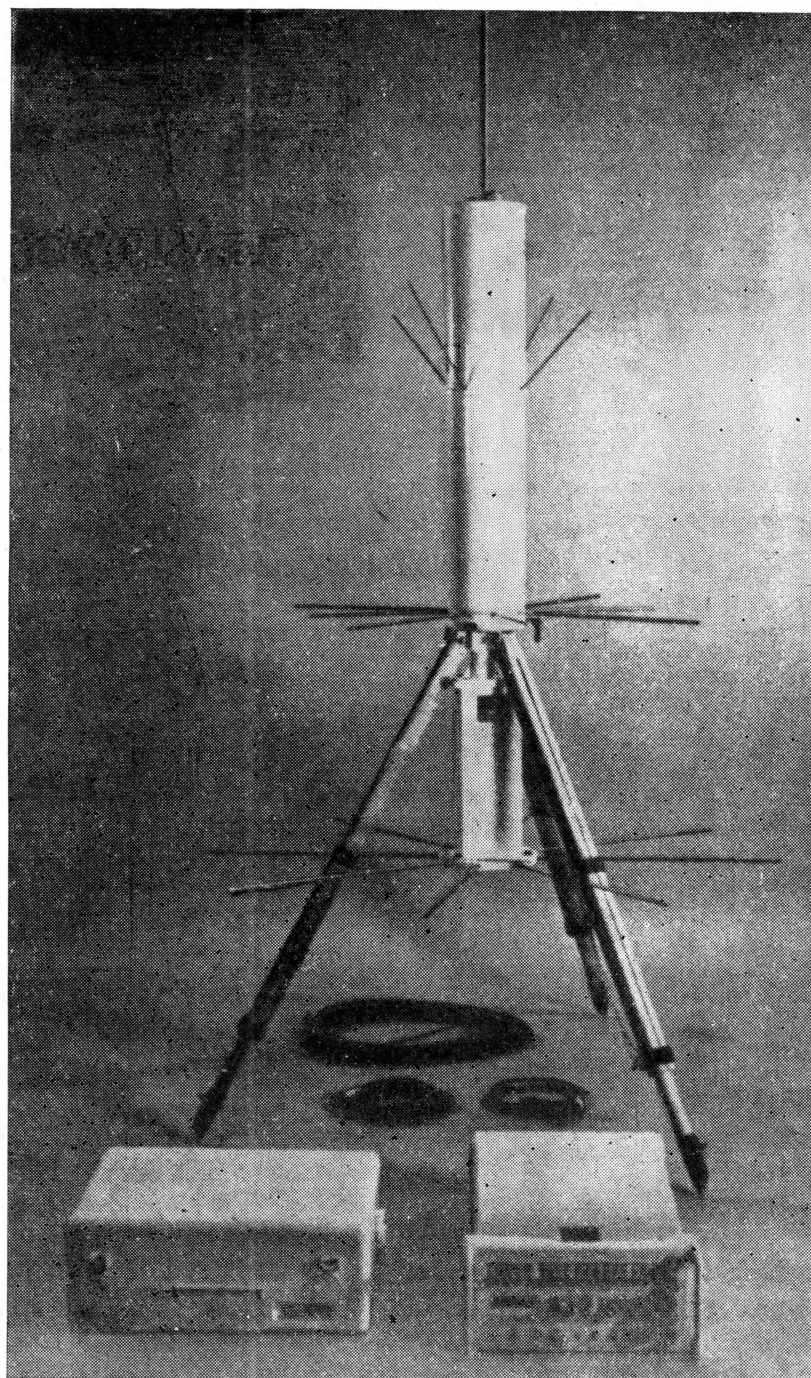
Здание, где проводились заседания Международной ассоциации геодезии

Президиум Международной ассоциации геодезии (слева направо): генеральный секретарь МГГС — профессор П. Мельхиор (Бельгия), президент МАГ — член-корреспондент АН СССР Ю. Д. Буланже, генеральный секретарь МАГ — член-корреспондент Французской академии наук Д. Левалуа, заместитель генерального секретаря МАГ — доктор М. Луи (Франция)

вался новый метод изучения относительных горизонтальных движений континентов и отдельных регионов — метод длиннобазисной радиоинтерферометрии. Радиоинтерферометрические обсерватории уже функционируют на Северо-Американском континенте и Гавайях. Планируется их создание и на других континентах.

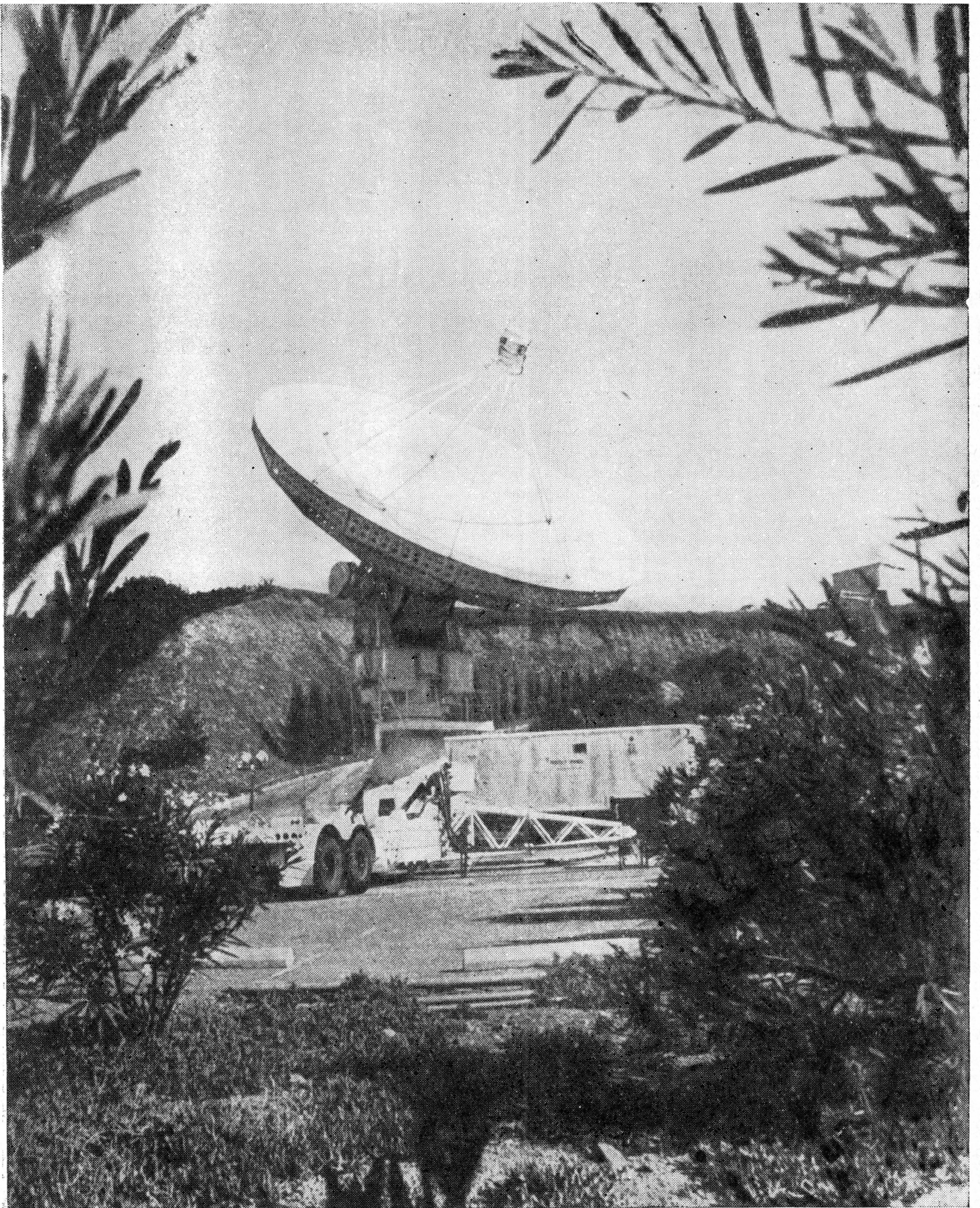
Особый интерес представило сообщение об использовании длиннобазисной радиоинтерферометрии для изучения локальных и региональных движений земной коры вблизи разлома Сан-Андреас в Калифорнии. Предполагается использовать радиоинтерферометры, состоящие из стационарной антенны большого диаметра и передвижных серийных антенн 9-метрового диаметра. В 1974—1975 годах было проведено первое испытание этого устройства. Инструментальные ошибки были выявлены на базе 307 см, при этом подвижная антенна перемещалась на 30 см. Этот сдвиг определялся методом интерферометрии в течение одного сеанса с точностью ± 8 см, что хорошо согласуется с теоретическими расчетами. Затем были проведены испытания на базе 140 км и была достигнута точность ± 11 см. Из десяти сеансов ожидается получать приращения пространственных координат в любом направлении с точностью $\pm 2,5$ см.

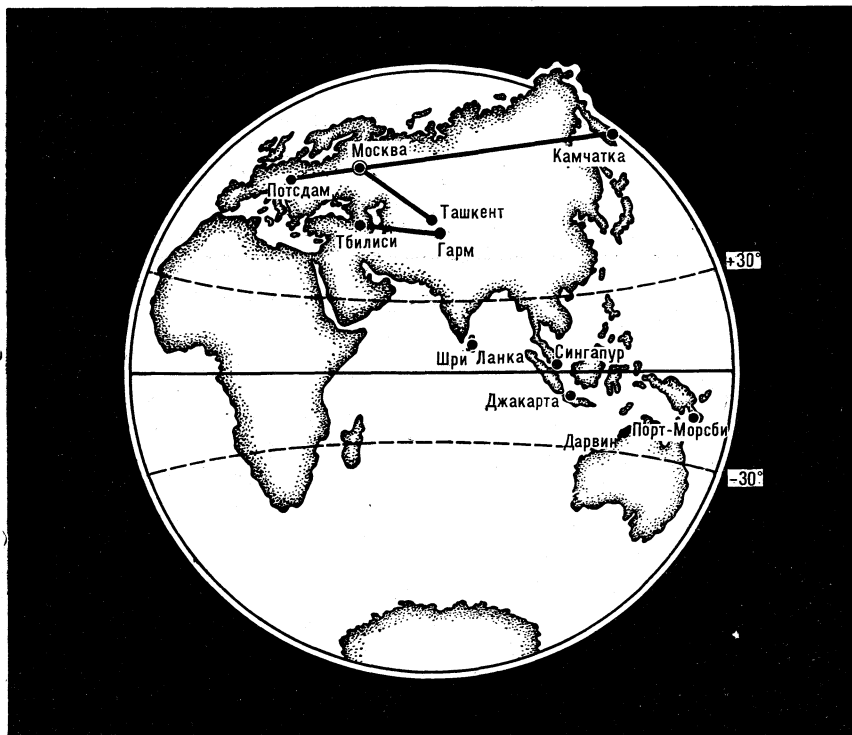
Можно предвидеть, что сверхдлинные базы будут использоваться для оценки движения полюсов, неравномерности вращения Земли и других глобальных геодинамических явлений, а передвижные антенны — для изучения движений земной коры регионального характера.



Наземная установка системы «Геосивер» для определения геодезических координат с помощью доплеровских измерений: антенна, регистрационный и вычислительный блоки

9-метровая подвижная антенна радиоинтерферометра





ЦЕНТР МАСС ЗЕМЛИ

Насколько устойчива геоцентрическая система геодезических координат? Стабильны ли координаты центра масс Земли? На эти вопросы могут дать ответ наблюдения за мед-

Схема расположения гравиметрических пунктов, где советские ученые предполагают изучать устойчивость гравитационного поля Земли во времени. По цепочке пунктов, расположенных вблизи широт $+30^\circ$ и -30° , финские ученые также проведут аналогичные исследования

ленными, непривливыми изменениями силы тяжести. Этой проблемой занимались исследовательские группы и Международная гравиметрическая комиссия.

В настоящее время есть две концепции о характере и величинах возможных изменений силы тяжести во времени. Одна из них сформулирована академиком Дж. Барта (ВНР). Барта, исходя из колебаний магнитного поля Земли, полагает, что большие аномалии силы тяжести, связанные с особенностями строения и формы ядра Земли, перемещаются с

периодом порядка 1000—1500 лет. В районах этих аномалий можно ожидать изменений силы тяжести, достигающих нескольких десятых долей миллигала в год.

Вторая концепция предложена специалистами Института физики Земли АН СССР. Она основана на экспериментальных данных, полученных из повторных наблюдений на территории Евразии, а также на анализе невязок в полигонах при создании международной опорной гравиметрической сети IGSN-71 (Международная гравиметрическая калибровочная сеть 1971 года). Наблюдения позволяют утверждать, что нестабильность гравитационного поля Земли характеризуется его изменениями порядка нескольких микрогал в год и менее. Таким образом, расхождение в оценках составляет два порядка.

Для получения достоверных данных о стабильности гравитационного поля Земли можно использовать два метода. Первый, предложенный финскими специалистами, предусматривает создание вокруг земного шара двух колец гравиметрических пунктов на широтах, близких к $+30^\circ$ и -30° , и проведение на них относительных определений силы тяжести группой высокоточных гравиметров. Применяя группу гравиметров и соблюдая условие, при котором приращение силы тяжести между соседними пунктами будут малыми (менее 1—1,5 мгал), можно рассчитывать на точность измерений порядка ± 2 мгал. Повторные наблюдения, проведенные через 3—4 года, позволят оценить порядок годовых изменений силы тяжести, и тогда можно будет высказать предварительные суждения об устойчи-

ности положения центра масс Земли в плоскости экватора.

Советские специалисты разработали другую программу — повторные измерения силы тяжести абсолютными гравиметрами в районах больших аномалий в экваториальной зоне. Точность таких измерений будет порядка 10 мкгал. Повторные наблюдения, сделанные через 3—4 года, позволят решить спор о миграции больших аномалий силы тяжести.

Дополнительно к этим измерениям будут повторены абсолютные измерения силы тяжести вдоль линий Потсдам — Камчатка на широте $+56^\circ$, а также по линии Таллин — Москва — Ташкент — Душанбе. В этом случае можно надеяться получить данные и о перемещении центра масс Земли вдоль полярной оси.

Проекты вызвали оживленную дискуссию. Генеральная ассамблея МАГ приняла специальные резолюции, поддерживающие оба проекта, и обратилась ко всем странам с просьбой оказывать содействие в выполнении таких работ.

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПОСТОЯННЫЕ

Становится общепризнанным, что для решения фундаментальных проблем наук о Земле и, в частности, современных проблем геодезии основной научной экспериментальной базой должны быть геодинамические исследования, проводящиеся обсерваториями, оснащенными разнообразной астрономической, спутниковой и геодезической аппаратурой. Такой комплекс создан в Потсдамском гео-

дезическом институте. Новая обсерватория широкого профиля построена во Франции, близ Ниццы. Там есть астролябия Данжона, устройство для лазерной локации искусственных спутников Земли. На обсерватории начаты доплеровские спутниковые наблюдения, ведутся наблюдения за земными приливами. В ближайшее время будет установлен телескоп для лазерной локации Луны.

Расширяются исследования на обсерватории в Мицузава (Япония), где уже проводятся наблюдения искусственных спутников Земли доплеровским методом и в 1977 году начнутся стационарные непрерывные наблюдения за изменениями силы тяжести во времени.

Значительное место в работах ассамблеи МАГ заняло обсуждение новых численных значений фундаментальных постоянных. Было рассмотрено десять вариантов расчета экваториального радиуса Земли. Крайние значения отличались всего лишь на 14 м. В результате обсуждения была принята величина $a = 6\,378\,140 \pm 5$ м.

Для сжатия Земли:

$$\frac{1}{f} = (298\,257 \pm 1,5) \cdot 10^{-8}.$$

Значение скорости света в пустоте принято равным $299\,792\,458 \pm 1,2$ м/с.

Несколько слов об изученности фигуры нашей планеты — геоида. В настоящее время 65% поверхности Земли покрыты гравиметрическими измерениями. Теперь для построения карт геоида пользуются осредненными значениями аномалий силы тяжести в пределах трапеций $1 \times 1^\circ$. В некоторых районах есть возможность применять трапеции $15 \times 15'$.

По этим данным построена карта высот геоида в виде изолиний с сечением через 2 м. Кроме того, создана глобальная объемная модель, наглядно иллюстрирующая фигуру Земли. На эту модель нанесены эпицентры землетрясений и границы литосферных плит. Наблюдается качественная корреляция сейсмических зон и границ литосферных плит с максимумами высот геоида.

Представляет большой интерес результат сопоставления высот геоида, определенных доплеровским методом по измерениям с искусственных спутников Земли и по наземным гравиметрическим измерениям. Для территории США эти расхождения характеризуются средней ошибкой $\pm 2,3$ м. В тщательно изученных районах океана эти расхождения составляют ± 2 м.

Огромный прогресс наметился в развитии геодезических наук за последние годы. Естественно, понадобится много времени для изучения всей полученной информации и извлечения из нее тех данных, которые могут быть использованы в нашей стране как в целях развития науки, так и для решения задач прикладного характера. Ясно лишь одно, что перед советскими геодезистами стоят очень большие и сложные задачи, которые им придется решать в самое ближайшее время.



Доктор физико-математических
наук
Р. В. ОЗМИДОВ

Новое в физике океана

За четыре года, отделяющих нас от предыдущей ассамблеи МГГС в Москве («Земля и Вселенная», № 2, 1972, стр. 56—59.— Ред.), произошло заметное продвижение и в экспериментальных, и в теоретических, и в прикладных исследованиях физических процессов в океане. Были осуществлены и проанализированы такие крупные международные и национальные проекты по изучению изменчивости гидрофизических полей в океане, как советская программа ПОЛИГОН-70 («Земля и Вселенная», № 3, 1971, стр. 6—17.— Ред.) и аналогичная американская программа МОДЕ; по проблеме взаимодействия океана и атмосферы — международная программа ТРОПЭКС («Земля и Вселенная», № 3, 1975, стр. 30—48.— Ред.); программы исследования зон подъемов вод в наиболее биологически продуктивных районах океана и т. д.

Для теоретических исследований сейчас характерно стремление не только объяснить причины различного рода процессов в океане (например, возникновение крупномасштабных вихрей, волн цунами, верхнего однородного слоя и т. д.), но и научиться прогнозировать эти процессы, а в ряде случаев использовать их закономерности в практических целях. Так, знание особенностей режима вод в прибрежных зонах позволяет рассчитывать скорость диффузии вносимых в море примесей и, тем самым, выбирая оптимальные условия сброса примесей, ускорять самоочищение моря. Прогноз термического состояния различных районов океана помогает более целенаправленно вести рыбный промысел, а возможность предсказывать крупномасштабные аномалии в

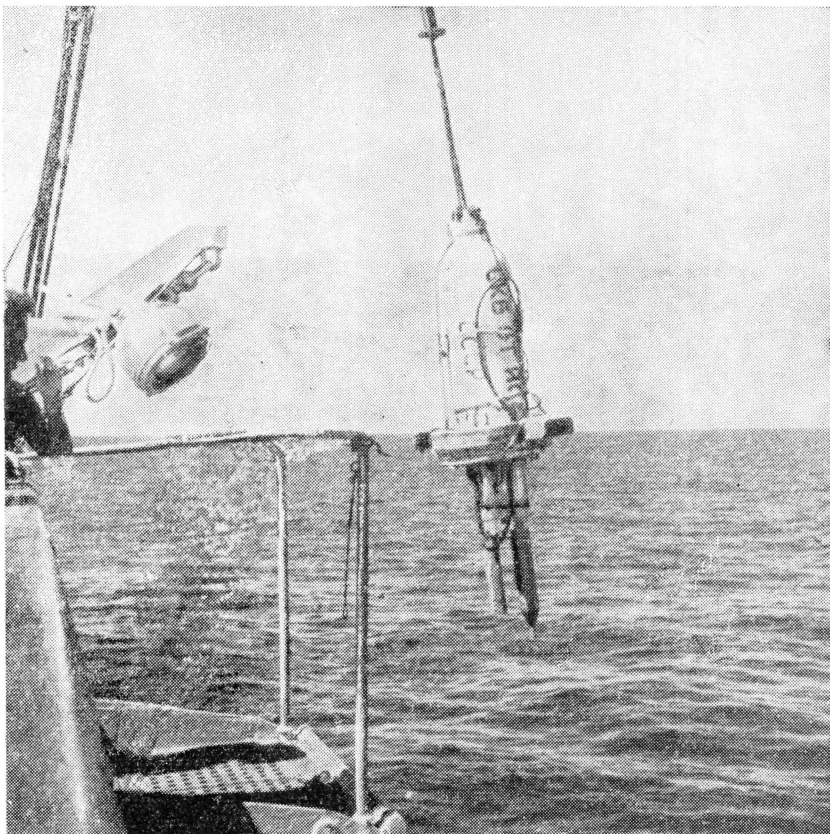
гидротермодинамическом состоянии океана резко улучшает оправдываемость долгосрочных прогнозов погоды. Для решения подобных задач широко используются численные методы с применением мощных вычислительных машин.

Более полными стали наши представления о генеральной циркуляции вод океана, о глубинных течениях, о закономерностях развития и затухания поверхностных и внутренних волн, о процессах взаимодействия океана и атмосферы, о структуре водных масс, о штормовых нагонах и процессах трансформации пресных вод, вносимых в океан реками. Этим вопросам, а также другим важным проблемам физики океана были посвящены специальные симпозиумы, на которых заслушано более 500 докладов. В одной статье, естественно, невозможно сколько-нибудь подробно ознакомить читателей не только со всеми представленными докладами, но и всеми направлениями наук об океане. Поэтому расскажем кратко лишь о наиболее быстро развивающихся в настоящее время разделах физической океанографии.

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ, ТОНКАЯ СТРУКТУРА ПОЛЕЙ И ВНУТРЕННИЕ ВОЛНЫ

Еще несколько лет назад считалось, что плотность морской воды, ее температура, соленость, электропроводность и другие характеристики плавно меняются с глубиной и достаточно стабильны во времени. Однако первые приборы (зонды), дающие непрерывные вертикальные профили температуры и электропроводности с

большим пространственным разрешением, изменили это мнение. Оказалось, что водная толща океана состоит из тонких (от нескольких метров до нескольких сантиметров толщиной) слоев с различными значениями температуры и электропроводности в них, а также различными перепадами (градиентами) этих характеристик. Время существования таких прослоек, или, как теперь принято говорить, элементов тонкой структуры полей, может длиться от нескольких минут до нескольких часов. На месте исчезнувших прослоек появляются новые, которые, в свою очередь, видоизменяются и, наконец, разрушаются. За последние годы удалось собрать обширный материал, характеризующий тонкую структуру не только полей температуры и электропроводности, но и полей плотности воды, ее солености, а также поля скорости течений. Обработка этого материала позволила определить, как часто встречаются прослойки разной мощности и как в них распределяются градиенты свойств, а также вскрыть механизмы образования и разрушения элементов тонкой структуры. Важным фактором формирования тонкой структуры оказались внутренние волны, представляющие собой периодические колебания поверхностей равной плотности воды в океане. При определенных соотношениях амплитуд и частот внутренние волны становятся неустойчивыми и может произойти «прокидывание» — явление, схожее с тем, которое наблюдается и у поверхностных волн, когда усиливается ветер. При «прокидывании» образуется «барашек», он перемешивает воду в некотором объеме, что и порождает про-



слойку воды с малым градиентом свойств в ней. Однако на границе такой прослойки будут наблюдаться значительные градиенты всех свойств.

В каждой из прослоек водной толщи могут существовать мелкомасштабные турбулентные (хаотичные) движения воды, приводящие к эрозии границ прослойки и, в конечном итоге, к ее исчезновению. Для исследования таких движений с размерами

всего в несколько сантиметров, а иногда и в доли сантиметра в СССР, США и Канаде были разработаны приборы с миниатюрными датчиками, способными реагировать на ничтожные колебания скорости (доли миллиметра в секунду) и температуры воды (до 10^{-4} °C). Исследования с помощью таких приборов («Земля и Вселенная», № 1, 1974, стр. 9—16.— Ред.) показали, что характеристики турбулентности (ее интенсивность, спектральный состав) существенным образом зависят от параметров тонкой структуры — размеров слоев и градиентов свойств в них. Оказалось, что три явления — тонкая структура, турбулентность и внутренние волны — взаимодействуют между собой и взаимообуславливают друг друга. Поэтому изучать их необходимо совместно, что уже и делалось в ряде специальных экспедиций («Земля и Вселенная», № 1, 1975, стр. 72—80.—

Ред.). Полученные в экспедициях сведения о «тонкой анатомии и физиологии» океана позволяют уверенно судить о процессах «усвоения» океаном тепла в тропических зонах и передаче его атмосфере в умеренных и приполярных районах. Не зная закономерностей турбулентного перемешивания вод океана, трудно правильно рассчитывать диффузию попадающих в океан примесей, без чего невозможна организация рациональной службы охраны океана от загрязнений. Этим вопросам была посвящена серия докладов на специальных симпозиумах ассамблеи.

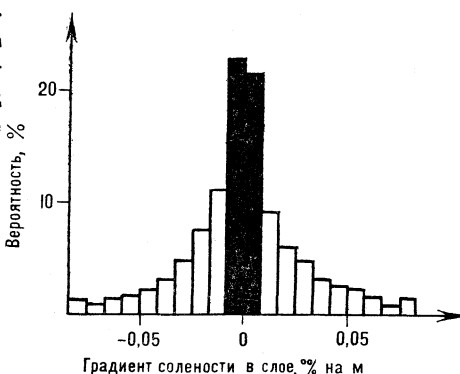
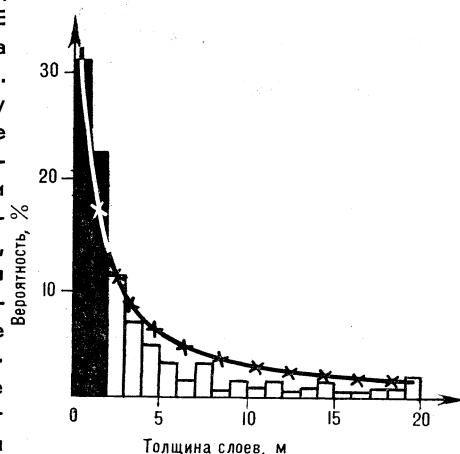
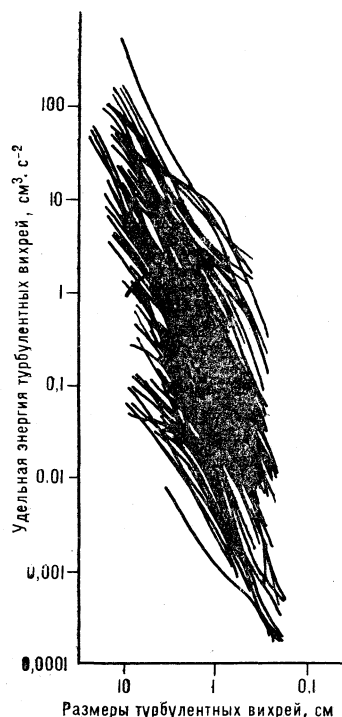
В докладах советских океанологов были изложены результаты специальных экспедиционных исследований, выполненных в Тихом, Атлантическом и Индийском океанах. Эти исследования дали возможность определить основные параметры океанической турбулентности, тонкой структуры и внутренних волн, а также оценить их изменчивость во времени и пространстве. (Приводимые в статье графики заимствованы из сообщений наших ученых, с большим интересом принятых на ассамблее.)

СРЕДНЕМАСШТАБНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

До проведения длительных измерений на полигонах считалось, что схемы глобальной циркуляции вод, изображаемые на картах, в целом весьма устойчивы и мало меняются во времени. Однако результаты ПОЛИГОНА-70 заставили пересмотреть такое представление. Буйковые станции с измерителями течений, размещенные в зоне пассатного течения, свидетель-

Зонд для исследования тонкой вертикальной структуры поля температуры и электропроводности перед спуском в воду. Прибор создан в Институте океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР. В нижней части зонда видны чувствительные датчики. Информация с датчиков передается на борт судна по кабелю, где регистрируется на самописцах или сразу вводится в ЭВМ

ствовали, что за шесть месяцев работы по программе ПОЛИГОН-70 течение неоднократно меняло свое направление. Заметно менялась скорость течения, испытывало вариации и поле температуры в районе полигона. Последовательный анализ направлений потоков воды на различных буйковых станциях показал, что через полигон в период наблюдений проходил гигантский вихрь с размерами в несколько сот километров. Последующие работы на полигонах и, в частности, американский эксперимент МОДЕ подтвердили, что подобного рода вихри — обычное явление в океане. Такой результат заставляет по-новому интерпретировать ранее сделанные единичные и кратковременные измерения течений. Не исключено, что они могут давать лишь случайные значения скоростей и направлений потоков, так как, попадая в отдельные фазы прохождения вихрей, прибор, естественно, может фиксировать самые различные величины. Поэтому «картирование» собранных данных о поле скорости течений в океане требует осторожного подхода, использования методов статистики и объективного анализа. Имеющиеся же сегодня карты течений — это некоторые весьма осредненные схемы, которые могут существенно трансформироваться под действием «блуждающих» в океане вихрей. Усилия океанологов в настоящее время направлены на выяснение природы океанических вихрей и возможности их прогнозирования. Но для этого необходимы, конечно, очень длительные наблюдения в океане на густой сети буйковых станций. Такого рода эксперименты легче осуществить в рамках международных прог-



рам («Земля и Вселенная», № 1, 1976, стр. 4.— Ред.). На ассамблее обсуждался один из таких советско-американских проектов — ПОЛИМОДЕ, согласно которому предполагается в 1977 году наблюдать крупномасштабные движения на полигонах, причем измерители течений будут функционировать не менее года. Следует отметить, что советским океанологам принадлежит приоритет в полигонных исследованиях: эксперимент ПОЛИГОН-70 до сих пор остается

Распределение энергии турбулентных движений по вихрям разных масштабов (спектральные кривые). Каждая кривая получена по измерениям в отдельной прослойке тонкой структуры вод океана. Средняя энергия турбулентности в различных прослойках может меняться более чем на три порядка, причем встречаемость режимов турбулентности непостоянна — наиболее вероятен некоторый средний режим (большие спектральные кривые расположены в центре «облака» кривых, чем на его периферии)

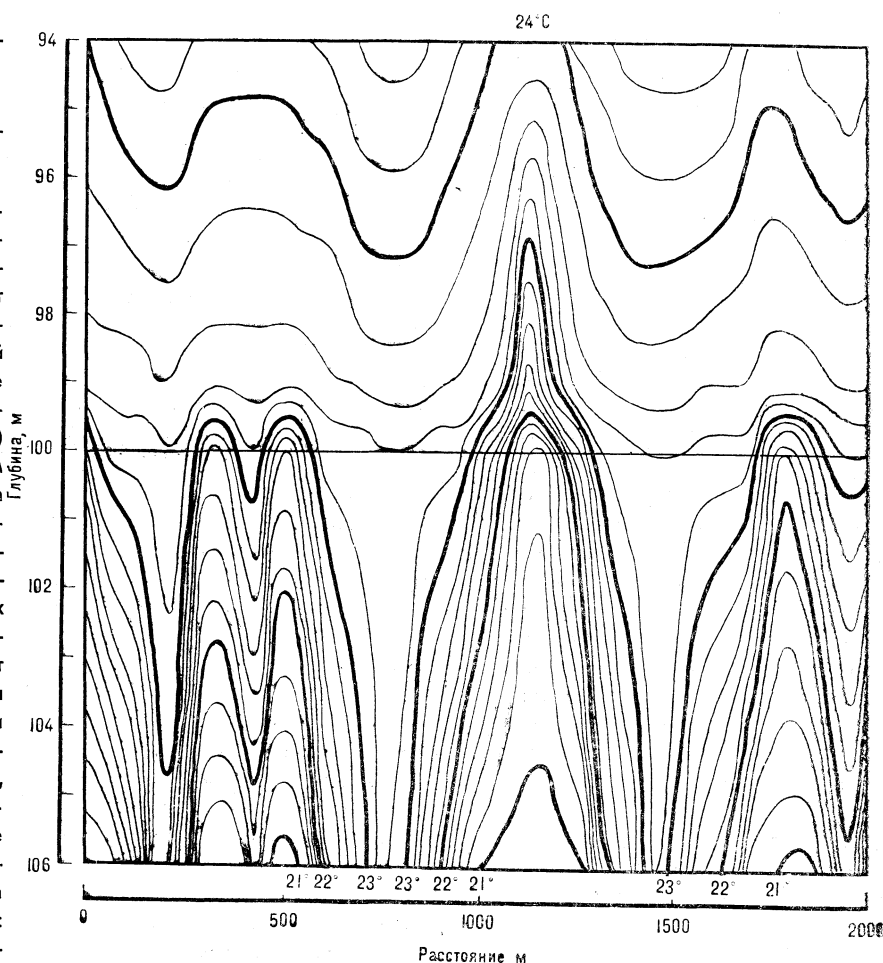
Встречаемость (в процентах) слоев тонкой структуры разной толщины и вертикальных градиентов солёности в них для одного и того же района океана. Чем тоньше прослойка (верхний рисунок), тем больше вероятность ее встретить. Эмпирические столбики распределения вероятности хорошо аппроксимируются теоретической кривой. Наибольшую вероятность (в промиллях солёности на метр глубины) имеют нулевые градиенты солёности в однородных, перемешанных слоях (нижний рисунок)



непревзойденным мероприятием подобного рода.

ДИНАМИКА ВЕРХНЕГО ОДНОРОДНОГО СЛОЯ ОКЕАНА

Самый верхний слой океана толщиной в несколько десятков метров находится под постоянным воздействием атмосферы. Ветер возбуждает волны, которые перемешивают поверхностные воды, формируя слой почти одинаковой температуры. Ниже температура обычно резко падает — это температурный (или плотностной) скачок. В верхнем перемешанном слое океана всегда много кислорода и достаточно света. Здесь бурно развиваются микроскопические водоросли — фитопланктон, служащий основной кормовой базой для всех морских организмов. Поэтому вполне естествен интерес, который проявляют океанологи к изучению верхнего слоя океана. В последние годы теоретики разрабатывают методы расчета толщины верхнего однородного слоя, а также температуры в нем по задаваемым параметрам ветра (его силе и продолжительности) и притоку солнечного тепла к океану. Проблема эта оказалась весьма сложной, так как однородный слой представляет систему «с обратной связью». Усиление воздействия ветра на слой приводит к росту интенсивности турбулентного перемешивания в нем и, казалось бы, к быстрому погружению слоя скачка. Но этот процесс обуславливает усиление градиента плотности в скачке, который начинает работать уже как «запирающий» механизм, препятствующий дальнейшему увеличению однородного слоя. На ассамблее из-



лагались новые, созданные в СССР и США модели этого интересного явления, в которых учитываются механизмы турбулентного перемешивания в слое скачка плотности, а также механизмы затрат ветровой энергии на работу против сил Архимеда при перемешивании жидкости в слое. Демонстрировались новые эксперименталь-

Запись внутренних волн в океане, полученная вертикальной «гребенкой» измерителей температуры. «Гребенка» буксируется за судном. На рисунке видно, что поверхности равной температуры искривлены внутренними волнами длиной около 700 м. Крутые склоны внутренних волн могут опрокинуться, образовав очаг однородной воды с интенсивной турбулентностью.

Школа-семинар

ные данные о поведении верхнего слоя в период штормов, весеннего прогрева и осеннего охлаждения вод океана.

СПУТНИКОВАЯ ОКЕАНОГРАФИЯ

Со спутников и орбитальных космических лабораторий сегодня наблюдают и измеряют многие океанологические явления и процессы. Так, по инфракрасному излучению можно определять температуру поверхности океана, а с помощью высокочастотных радиоволн — измерять параметры ветрового волнения, скорость ветра у поверхности моря, касательное трение ветра о поверхность воды и даже скорость течений. Эти измерения основаны на свойстве взволнованной морской поверхности по-разному рассеивать и отражать радиосигналы в зависимости от характера волн. Используется также эффект изменения частоты радиосигналов при отражении их от движущихся сред (эффект Доплера). Первым таким измерением было посвящено несколько докладов, в которых подчеркивалось огромное преимущество глобальности и быстроты наблюдений с космических аппаратов по сравнению с традиционными океанологическими средствами. Весьма интересным был доклад, в котором демонстрировались наблюдавшиеся визуально и сфотографированные с борта орбитальной станции «Скайлэб» тонкие полосы биотического льда в океане и изменения цвета воды на границах раздела различных водных масс, зоны подъема глубинных вод, среднемасштабные вихри с сопровождающей их облачностью, а также турбулентные «дорожки», возникающие за островами при обте-

кании их течениями. Со спутников также можно измерять внутренние волны и точно оценивать отклонения уровня океана от поверхности земного геоида («Земля и Вселенная», № 2, 1976, стр. 31.— Ред.).

Работа ассамблеи проходила в зданиях Гренобльского университета, расположенного среди зелени парка в долине реки Изер, на окраине города. Большинство делегатов разместились в студенческих общежитиях университета, где вечерами продолжались возникающие на заседаниях дискуссии и научные споры. С особым интересом обсуждались новые достижения океанологов СССР и США — ведущих стран в изучении Мирового океана. При этом часто подчеркивалось, что океан всегда должен быть ареной международного сотрудничества, ареной мирных исследований, направленных на благо всех людей Земли. Программа работы ассамблеи была очень напряженной — заседания нескольких симпозиумов, на которых хотелось побывать, часто проходили одновременно. Поэтому сам город и окружающие его живописные горы удалось осмотреть лишь в воскресный день. Город очень красив, в нем много исторических памятников, сохранившихся еще со времен Древнего Рима, и интересен Музей живописи и скульптуры с богатой коллекцией произведений мастеров эпохи Возрождения и импрессионистов. Приятно и просто побродить по старинным улочкам и новым кварталам города, заполненным многоязычной толпой туристов...

CETI — это начальные буквы английского названия одной из интереснейших проблем современной науки — проблемы связи с внеземными цивилизациями (Communication with Extraterrestrial Intelligence). Возможность контакта с другими цивилизациями широко обсуждалась на I Международной конференции по проблеме связи с внеземными цивилизациями, состоявшейся в Бюраканской астрофизической обсерватории в 1971 году («Земля и Вселенная», 1972, № 2, стр. 49—53 и № 3, стр. 48—55.— Ред.). Эта тема стала предметом дискуссии на Всесоюзной школе-семинаре, который проходил в Специальной астрофизической обсерватории АН СССР с 16 по 21 октября 1975 года. В его работе приняли участие такие известные специалисты, как член-корреспондент АН СССР И. С. Шкловский, член-корреспондент АН СССР В. С. Троицкий, доктор физико-математических наук Н. С. Кардашев, доктор технических наук К. П. Феоктистов, доктор физико-математических наук В. И. Мороз и др. Доклады, заслушанные на семинаре, в какой-то мере подвели итоги исследований в этой области за последние годы.

Что же произошло со времени Бюраканской конференции? В ее решении была намечена широкая экспериментальная программа поиска возможных радиосигналов от внеземных цивилизаций. Однако в силу ряда причин эти эксперименты до сих пор ведутся лишь отдельными энтузиастами — группой члена-корреспондента АН СССР В. С. Троицкого в Горьковском научно-исследовательском радиофизическом институте, группой доктора физико-математических наук

по проблеме СЕТИ



САО АН СССР-16-22.X.1975

Н. С. Кардашева в Институте космических исследований АН СССР и группой профессора Ф. Дрейка в Аресибо. Может быть поэтому несколько охладился безудержный оптимизм, связанный с надеждами на быстрое обнаружение сигналов «братьев по разуму», и ученые занялись глубоким, критическим исследованием теоретических основ проблемы. Эта нота «умеренного скептицизма», как в свое время выразился С. Лем, и прозвучала на семинаре.

Так, было отмечено, что в настоящее время нельзя утверждать, будто открыты планеты или планетные системы у других звезд. В известных работах Ван де Кампа имеются существенные недостатки, что не позволяет принять его выводы с большой степенью уверенности («Земля и Вселенная», № 6, 1973, стр. 54.— Ред.).

До сих пор не получила объяснения закономерная цепочка причинных связей, приведших к зарождению жизни на Земле. На это обратил внимание в своем выступлении кандидат физико-математических наук Л. М. Мухин. На сегодняшний день остается совершенно неясным механизм самоорганизации — возникновения «настоящих» живых организмов в сложной среде химически активных органических соединений. Вопрос этот настолько труден, что, по мнению многих крупных специалистов, он не может быть даже правильно поставлен в ближайшие десятилетия. Известно, например, что такой крупный биофизик, как лауреат Нобелевской премии профессор Ф. Крик, наполовину всерьез высказал предположение о внеземном происхождении жизни на нашей планете. Эта гипотеза

возрождает старинные идеи панспермии. Методологически гипотеза несостоятельна (она лишь «переносит» проблему в «другое» место Вселенной, не объясняя ничего по существу), но то, что к ней обращаются, указывает на серьезный кризис в классической схеме возникновения жизни на Земле. В этой схеме (первичный океан — образование сложных органических соединений — «живая» клетка, «организм») появляется существенный необъяснимый «провал». А ведь лишь на основе точных знаний мы можем делать выводы об универсальных закономерностях, справедливых для других участков Вселенной при возникновении там высокоорганизованных форм материи, в частности, аналогов жизни.

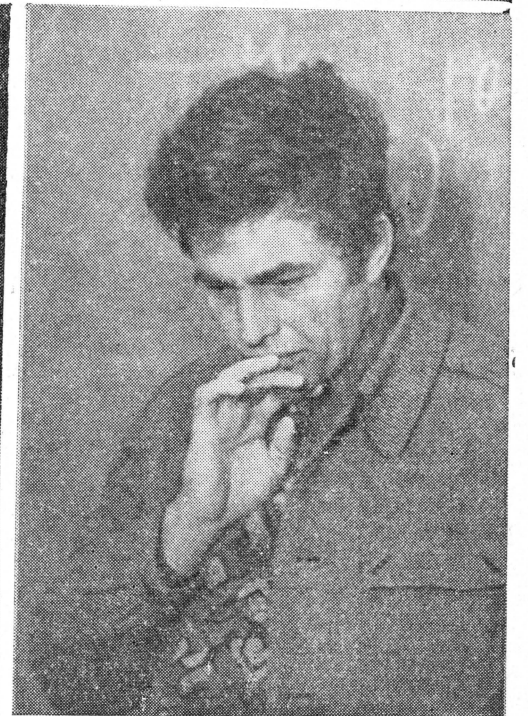
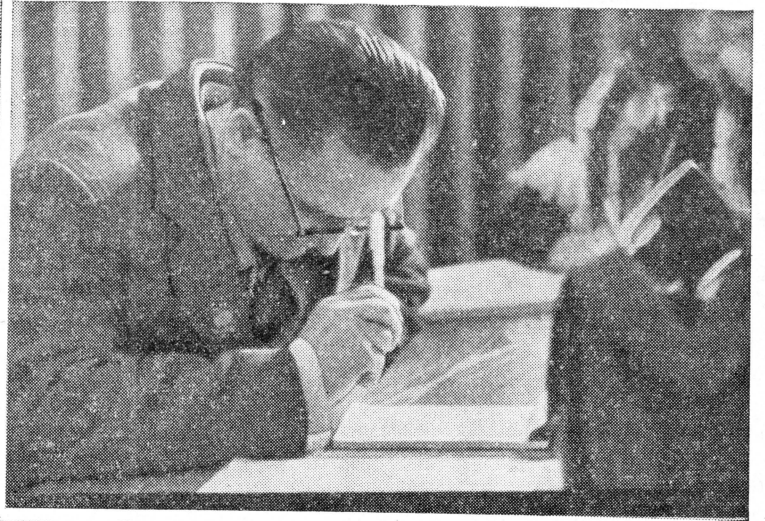
Современные астрономические данные свидетельствуют об изобилии сложных органических молекул в межзвездной среде в различных объектах Галактики и Метагалактики. «Строительного материала» для порождения органической жизни во Вселенной много. Но нераскрытые тайны конкретных процессов самоорганизации не позволяют оценить хотя бы приближенно вероятность возникновения аналогов жизни на других космических телах даже при наличии подходящего комплекса физико-химических условий.

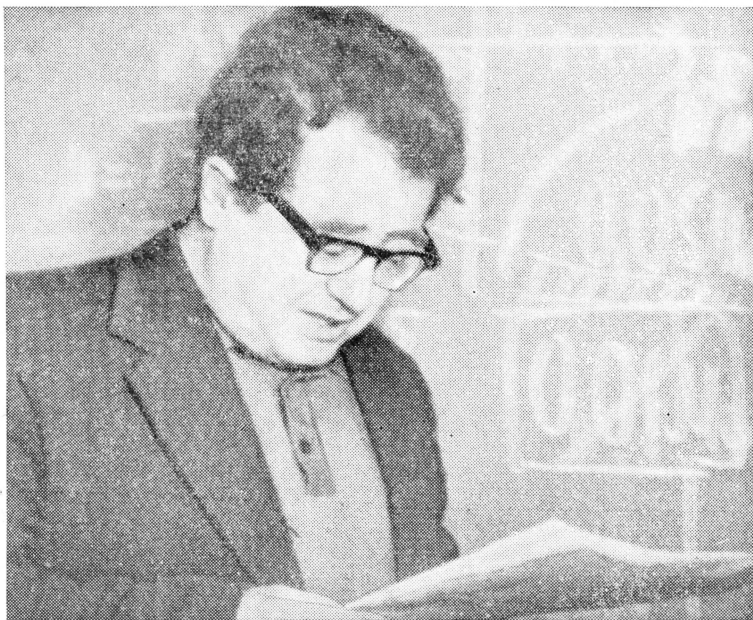
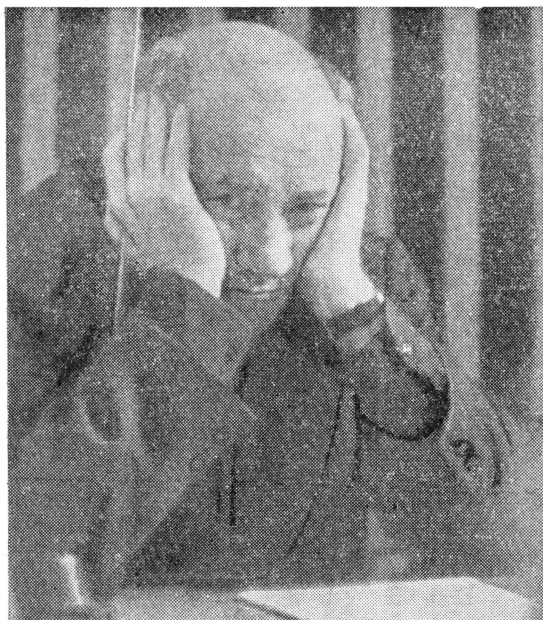
Не менее интригующая проблема — космическое будущее разумных обитателей. Для земной цивилизации в период научно-технической революции характерно экспоненциальное развитие всех областей человеческой деятельности, в том числе и в освоении космического пространства.

На семинаре были подробно рас-

смотрены проекты расселения человечества в Космосе — искусственные сооружения в космическом пространстве, на которых, возможно, скоро будут жить и трудиться многомиллионные коллективы людей. Такая эволюция человеческого общества в ближайшем будущем представляется многим исследователям неизбежной.

Но будет ли безудержная космическая экспансия продолжаться «вечно»? Если в поисках все новых и новых сырьевых и энергетических ресурсов космическая цивилизация делает ставку лишь на постоянное увеличение зоны своей космической деятельности, она неминуемо столкнется с большими трудностями. Подсчеты показывают, что если развитие энергетических потребностей общества будет все время идти по экспоненте, тогда через сравнительно небольшой промежуток времени (всего 1500 лет) даже продвижение во все новые участки Космоса со скоростью света не позволит удовлетворить необходимые энергетические нужды. Наконец, можем ли мы представить как единую цивилизацию общество, «разросшееся» до размеров Галактики? По-видимому, и в развитии человечества, и при эволюции гипотетических внеземных цивилизаций рано или поздно наступают моменты качественного изменения характера деятельности, в том числе и космической, «астроинженерной». Темпы чисто «пространственного расширения» могут существенно замедлиться, особенно когда появятся новые способы получения энергии, например, из микроструктур элементарных частиц (правда, идея эта несколько фанта-





Член-корреспондент АН СССР
И. С. Шкловский

Доктор технических наук К. П. Фео-
ктистов

Член-корреспондент АН СССР
В. С. Троицкий

Кандидат физико-математических
наук Л. М. Мухин

Профессор С. А. Каплан. Он совме-
стно с доктором физико-матема-
тических наук Н. С. Кардашевым
сделал на семинаре доклад об астро-
инженерной деятельности космиче-
ских цивилизаций

Профессор В. И. Мороз выступает с
докладом «Внесолнечные планетные
системы и методы их обнаружения»

стична даже с теоретической точки
зрения).

Осознание больших трудностей при
построении теории внеземных цивили-
заций привело к тому, что в отдель-
ных докладах на семинаре прозвучали
«пессимистические» нотки. Член-кор-
респондент АН СССР И. С. Шкловский
выдвинул и защищал тезис об уни-
кальности человеческого общества во
Вселенной, об отсутствии в окружаю-
щем нас мире «схожих разумных об-
ществ» — таких, с которыми мы меч-
таем установить канал межзвездной
связи. Аргументация И. С. Шкловско-
го сводилась к тому, что до сих пор
не обнаружены ни разумная деятель-
ность, ни разумные радиосигналы
других космических цивилизаций. Эти
факты, вообще говоря, не вполне
согласуются с тезисом о большой
распространенности антропоморфных
цивилизаций и сверхцивилизаций в
окружающей нас области Вселенной.
Многих участников семинара доводы
И. С. Шкловского не убедили.
Отмечалось, что, в принципе, отсутст-
вие «видимых» следов деятельности
других разумных обществ в Космосе
может объясняться и по-другому.

На семинаре были обсуждены и
предложения по исследованию конк-

ретных астрономических объектов,
подозреваемых в искусственности.
Так, доктор физико-математических
наук Н. С. Кардашев предложил вести
поиск внеземных цивилизаций в цент-
ре нашей Галактики, где открыты
необычные источники инфракрасного
излучения. Ряд сообщений был по-
священ решению задачи установле-
ния канала межзвездной связи. Член-
корреспондент АН СССР В. С. Троиц-
кий подробно рассказал о результа-
тах последних экспериментов по
обнаружению сигналов внеземных ци-
вилизаций. Проводился поиск моно-
хроматического радиоизлучения от
ряда звездных объектов. Эти экспе-
рименты, безусловно, будут продол-
жены.

Разумеется, трудности при изуче-
нии такой сложной проблематики, как
СЕТІ, неизбежны. Может быть, имен-
но в этом и заключается глубокий
интерес к этой области человеческого
знания.

Кандидат физико-математических
наук
Б. Н. ПАНОВКИН

Фото Ф. Н. ЗЕНОВА



ЭКСПЕДИЦИИ

Начальник Шпицбергенской гляциологической экспедиции Института географии АН СССР
Е. М. ЗИНГЕР

Советские гляциологи на Шпицбергене

В период Международного геофизического года (1957—1959) и в последующее время советские ученые выполнили крупные комплексные гляциологические работы в Арктике. Результатом их исследований стали монографии, посвященные оледенению Земли Франца-Иосифа, Новой Земли, Полярного Урала. Недавно вышла из печати новая книга гляциологов Института географии АН СССР «Оледенение Шпицбергена (Свальбарда)».

Чем интересен для гляциологов Шпицберген — один из самых северных архипелагов Земли? Так же, как и острова западного сектора советской Арктики, он расположен в области интенсивной циклонической деятельности. Первым среди островов Северного Ледовитого океана Шпицберген принимает от теплых, влажных воздушных потоков с запада и юго-запада большое количество осадков и задерживает их на многочисленных ледниках, покрывающих около 60% поверхности архипелага (более 35 тыс. км²). Это намного превышает размеры оледенения каждого из таких архипелагов, как Новая Земля, Земля Франца-Иосифа и Северная Земля. Изучая условия существования и развития динамичных ледников Шпицбергена, можно лучше понять эволюцию оледенения во всем атлантическом секторе Арктики.

Особенности рельефа и климата Шпицбергена обусловили развитие на нем самых разнообразных типов ледников, образующих полный морфологический ряд — от небольших каровых и долинных до крупных ледниковых покровов.

Архипелаг — уникальный гляциологический музей, созданный приро-

дой на границе между Гренландским и Баренцевым морями, почти на пути от северной части Скандинавского полуострова к Северному полюсу. Чтобы попасть в этот «музей», нет нужды совершать длительный и утомительный путь по бурным морям или многочасовой трудный перелет. Рейсовый самолет Аэрофлота ТУ-154 доставит вас из Москвы на Шпицберген за какие-то четыре часа, а пассажирский теплоход, курсирующий между Мурманском и архипелагом, сделает это за двое суток.

По сравнению с другими полярными районами земного шара, Шпицберген посещается исследователями уже давно. К сожалению, почти все они не занимались систематическим изучением ледников. Планомерные гляциологические работы начались здесь лишь в 1931 году. За прошедшие 40 с лишним лет на архипелаге побывали экспедиции Швеции, Норвегии, Англии, Финляндии, Польши, ГДР, ФРГ и других стран. Заметный вклад в изучение ледников внесли работы видных европейских ученых: Х. Альмана, Х. Свердруп, А. Глена, А. Косибы, В. Шютта. И все же оледенение Шпицбергена до последнего времени было исследовано недостаточно, отсутствовала даже обобщающая сводка о нем.

Первая советская гляциологическая экспедиция, организованная Институтом географии АН СССР на норвежский архипелаг в 1965 году, вела здесь исследования в течение полевых сезонов 1965, 1966 и 1967 годов. Главная задача заключалась в том, чтобы выявить важнейшие закономерности оледенения Шпицбергена. Тематика работ была достаточно



обширна, хотя в экспедиции участвовало всего пять гляциологов. Эти работы стали логическим продолжением изучения ледников Арктики, начатого Институтом географии АН СССР в период МГГ (1957—1959).

Полевые исследования принесли много новых данных, которые существенно дополнили прежние представления о строении, режиме и развитии ледников Шпицбергена.

Архипелаг Шпицберген. Здесь работали советские гляциологи в 1975 году. Линиями показаны маршруты, вдоль которых проводилось радиозондирование ледников, квадратом обозначен ледораздел ледников Гренфьорд и Фритьоф

Типичный ландшафт западного побережья архипелага Шпицберген





В последнее время гляциологи используют новые геофизические и геохимические методы для изучения ледников. Представлялось чрезвычайно интересным продолжить работы на Шпицбергене на современном научном уровне. Они начаты во второй многолетней Шпицбергенской экспедиции Института географии АН СССР, которая в 1974 году приступила к новому этапу исследований. Полевые сезоны 1974 и 1975 годов позади, а сделано уже немало. Разрабатывался и внедрялся радиолокационный метод для дистанционных измерений толщины льда и подледного рельефа горных ледников, проводилось комплексное изучение керн на глубоких скважинах, определялся водноледовый баланс ледников, выявлялись пульсирующие ледники и изучалась их морфология и рельефообразующая деятельность. В 1975 году начаты почвенно-географические и ландшафтно-геохимические исследования.

Одна из главных задач экспедиции — радиолокационное зондирование ледников с вертолета. Кандидат геолого-минералогических наук Ю. Я. Мачерет применил аппаратуру с непрерывной фоторегистрацией отраженных сигналов от поверхности ледника и его ложа. До сих пор радиозондирование горных ледников с воздуха такой аппаратурой на Шпицбергене не велось. Импульсным методом радиолокации с вертолета можно непрерывно измерять толщину ледников и изучать подледный рельеф. Таким образом было обследовано 20 ледников различных типов и размеров. Оказалось, что толщина даже сравнительно небольших горных лед-

ников составляет в среднем 100—200 м.

Другой важный раздел экспедиционных исследований — глубокое термическое бурение ледников с отбором керна по всей длине скважины для изотопного и геохимического анализа. В. С. Загороднов в 1975 году впервые на Шпицбергене провел термобурение на ледоразделе ледников Гренфьорд и Фритьоф (район рудника Баренцбурга). Буровой снаряд прошел через всю толщу ледника, достигнув его ложа на глубине 213 м. Поднятый на поверхность ледяной керн был распилен на отдельные куски-пробы, растоплен, упакован и отправлен на материк для дальнейшей обработки.

Отбором образцов льда на месте бурения занимался заведующий изотопной лабораторией Института географии АН ЭССР кандидат геолого-минералогических наук Я.—М. Пуннинг. В этой лаборатории исследовано содержание во льду радиоактивных изотопов. Кандидат географических наук Ф. Г. Гордиенко (Институт географии АН СССР) проанализировал содержание изотопов O^{18} в образцах льда. Все эти анализы позволяют получить интересные данные о годовом накоплении осадков, возрасте льда, скорости питания ледников и температурных тенденциях климата за последние столетия. Ведь природные холодильники Земли — ледники, возникшие из атмосферных осадков, в своей ледяной толще, словно в сейфе, хранят «замороженные» сведения о метеорологических условиях давно минувших эпох. По вариациям изотопов кислорода во льду удастся реконструировать климат далекого прошлого.

Из той же буровой скважины одновременно отбирали пробы для изучения химического состава льда. Ледники — индикаторы состава атмосферы. Они могут рассказать о загрязненности атмосферы в прошлом. Основная задача этих исследований заключается в том, чтобы выявить степень естественного и антропогенного загрязнений ледников химическими элементами за последние десятилетия.

На Шпицбергене все населенные пункты в основном снабжаются талой ледниковой водой. Вот почему изучение водно-ледового баланса ледников Веринг и Бертиль, непосредственно обеспечивающих питьевой и технической водой советские угольные рудники «Баренцбург» и «Пирамида», экспедиция рассматривает как ответственную задачу. Так, работы на леднике Веринг впервые позволили А. В. Гордейчику подсчитать общую величину стаяния снега и льда, что важно для водоснабжения Баренцбурга.

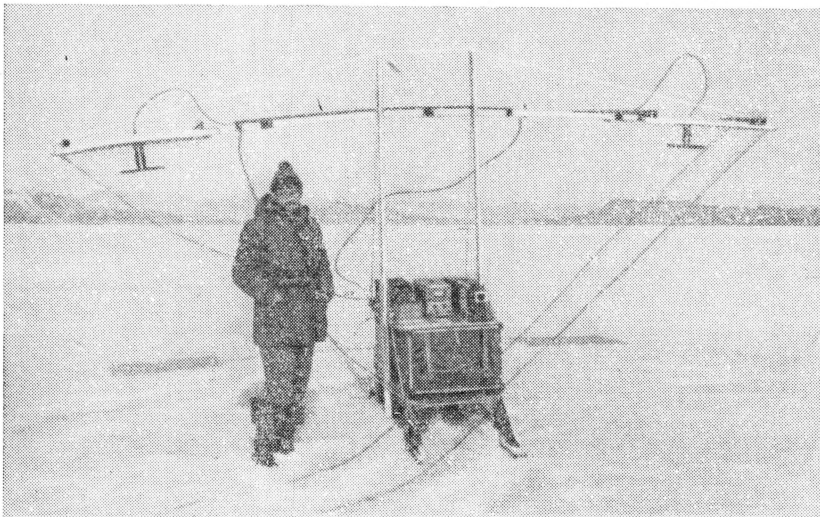
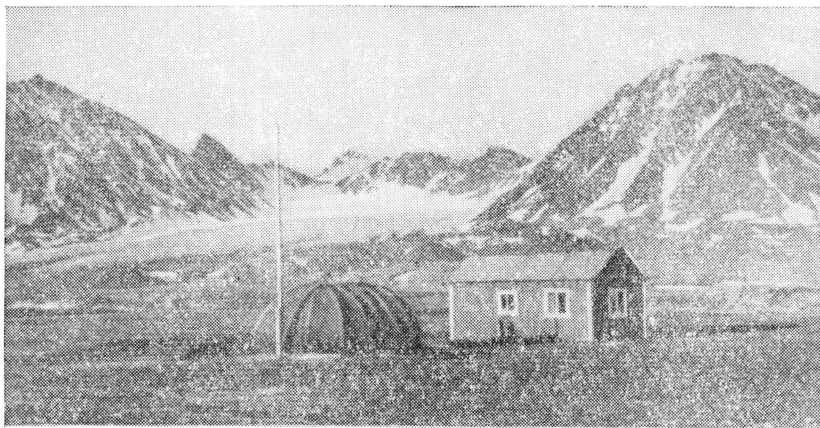
Интересную научную проблему представляет изучение колебаний ледников. Шпицберген, пожалуй, единственный район в Арктике, где о них получена столь обширная информация (за последние 100 лет). Поэтому здесь наиболее полно можно выявить закономерности современной динамики оледенения Арктики. Наша вторая экспедиция уделила особое внимание пульсирующим ледникам («Земля и Вселенная», № 3, 1972, стр. 41—46. — Ред.). На архипелаге обнаружены ледники, резко продвигавшиеся вперед на 1—20 км. В. С. Корякин выявил более десяти пульсирующих ледников (причем три из них находятся в состоянии подвижки), а

также дал правильный прогноз пульсации ледника Фон-Пост.

Кандидат технических наук Л. С. Троицкий продолжает изучать историю древнего оледенения Шпицбергена. Радиоуглеродный анализ образцов торфа и раковин, отобранных из морских и ледниковых отложений, позволяет ученому уточнить и выявить возраст морен и периоды развития оледенения архипелага в прошлые эпохи.

Чтобы собрать новые данные о ледниках, участникам гляциологической экспедиции приходилось совершать длительные пешие маршруты, летать над острыми горами и фьордами на вертолетах, плавать на лодках и катерах, подолгу жить в тонких палатках, одиноко стоящих на ледниках, на время становиться и разнорабочими, и поварами, и строителями, и истопниками...

Во время работ советские гляциологи часто встречались с зарубежными учеными, изучающими архипелаг.



■
Ледник Ловен. Экспедиционная палатка и норвежская хижина, где базировалась экспедиция 1975 года

■
Кандидат геолого-минералогических наук Ю. А. Мачерет у разработанной им радиолокационной аппаратуры для измерения толщины льда. Аппаратура смонтирована на санях

■
Из глубокого шурфа гляциологи поднимают пробы льда для изотопного анализа



В 1974 году экспедиция провела совместно с геофизиками норвежского Полярного института наземное радиолокационное зондирование ледника Бреггер (район поселка Нью-Олесунн), а также несколько гляциологических маршрутов на побережье Ван-Кейлен-фьорда. По просьбе известного норвежского гляциолога доктора Улава Лиестеля, почти ежегодно приезжающего на Шпицберген, Ю. Я. Мачерет выполнил с вертолета радиозондирование ледников Финстервальдер и Хесс, где наши коллеги из Полярного института ведут регулярные наблюдения. В 1975 году на полуострове Бреггер были проведены совместно с участниками Французской полярной экспедиции (начальник — Т. Броссар) почвенно-географические работы.

Программа исследований второй Шпицбергенской экспедиции рассчитана до 1980 года. Ее осуществление уже началось. Впереди еще много полевых сезонов, много интересных работ. Предполагается провести и в южной части Шпицбергена радиолокационное зондирование ледников, что позволит систематизировать данные об их толщине, а также подсчитать запасы льда. Изотопная гляциология поможет расшифровать многовековую историю оледенения и климата Шпицбергена.

ГИГАНТСКИЙ ИСКОНАЕМЫЙ ПИНГВИН

В 1975 году на острове Сеймур (Антарктида) работала геологическая экспедиция, организованная университетом штата Огайо (США). Геологи обнаружили ископаемые останки вымершей разновидности пингвина. Уникальный пингвин был почти двухметрового роста. Современные пингвины редко достигают метра.

Кроме того, геологи собрали образцы ископаемых листьев растений, характерных для зон умеренного климата. Найдены также окаменелые остатки нескольких, ранее неизвестных моллюсков, относящихся к эпохе, удаленной от нас на 55 млн. лет.

Во всех этих находках исследователи видят доказательства связей, существовавших в отдаленное геологическое время между Западной Антарктидой, Новой Зеландией и Огненной Землей.

«The Polar Times», 80, June 1975.

ОЛЕДЕНЕНИЕ И «ВСЕМИРНЫЙ ПОТОП»

Группа специалистов — представителей различных наук о Земле, из университета Майами (штат Флорида, США) — завершила анализ колонок донного грунта, поднятого со дна Мексиканского залива вблизи устья реки Миссисипи.

По их мнению, в период Лаврентьевского оледенения (около 12 тыс. лет тому назад) ледовый покров, сковавший значительную часть северного полушария, резко увеличил мощность и значительно продвинулся к югу. Началось бурное таяние, потоки воды затопили большие площади суши и вызвали подъем уровня моря, вероятно, достигший десятков метров в год.

Максимум этого подъема, согласно подсчетам, приходится примерно на 9600 год до н. э., то есть довольно точно совпадает с датой затопления Атлантиды (по Платону). Упоми-

нания о «всемирном потопе» известны из летописей и фольклора, из Библии и легенд индейских племен. Однако датировка этих событий, естественно, очень неопределенна. До того как началось таяние ледников, уровень моря был примерно на 50 м ниже, чем в наши дни. Поэтому изоляция и затопление целых древних цивилизаций, в принципе, были вполне возможны.

Эти выводы основаны на анализе концентрации изотопов в раковинах ископаемых моллюсков, а также на изучении эволюции некоторых видов планктона.

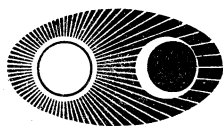
Измеряя содержание изотопа кислорода — O^{18} масс-спектрометром, ученые пришли к выводу, что в слоях осадочных донных пород, на глубине около 1,5 м от их поверхности, количество этого изотопа внезапно и резко падает. Значит, в этот период окружающие морские воды распреснялись. Концентрация изотопа углерода C^{14} , измеренная сцинтилляционными счетчиками, позволила установить, что этот слой относится примерно к 9600 году до н. э. Наконец, обилие видов планктона, характерных для холодных вод, свидетельствует, что температура вод в это время была приблизительно на $3^{\circ}C$ ниже современной.

Резкое снижение солености совпадает по времени с ранее известным Вальдерским повторным наступанием ледников, когда ледяной покров продвинулся на юг, в пределы нынешних северных районов США. Эти события хорошо прослеживаются по годовым кольцам деревьев.

Итак, потепление, ознаменовавшее собой конец последнего ледникового периода, привело к продвижению на юг этого тонкого, но охватывавшего большие площади слоя льда.

Предполагают, что изучение донных осадков, взятых в различных прибрежных районах мира, поможет установить, действительно ли такие события происходили одновременно на всем земном шаре.

«Science News», 108, 14, 1975.



АСТРОНОМИ-
ЧЕСКОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ

Обсуждаем программу школьного курса астрономии

Без сомнения, следует приветствовать инициативу журнала «Земля и Вселенная», который на своих страницах начал обсуждение программы курса астрономии, изучаемого в выпускном классе средней школы. В статье Е. П. Левитана (№ 1, 1975, стр. 80—84) в качестве одного из возможных вариантов новой программы по астрономии предлагается и методически обосновывается проект, использующий план построения известного университетского курса общей астрофизики профессора Д. Я. Мартынова. Хотелось бы высказать ряд замечаний по этому проекту.

Судя по опубликованным в журнале материалам (1975, № 4, стр. 76—78; № 6, стр. 64—70), идея о необходимости изменения существующей программы находит широкую поддержку. Действительно, объем информации в современной астрономии за последнее время существенно возрос и описательный подход ко многим астрономическим явлениям постоянно вытесняется более сложным и глубоким физическим подходом. Между тем объем учебника и количество часов, отводимых на астрономию, остаются прежними. Все это требует существенного изменения структуры изложения материала. Очевидно, что курс астрономии из-за его «всеохватности» и сложной взаимосвязи отдельных частей нельзя расположить в строго выдержанной логической последовательности, хотя от программы требуется известная цельность. При этом ясно, что количество новых для школьников понятий следует уменьшить, иначе глубокое их понимание окажется невозможным без дополнительных занятий.

Полностью можно согласиться с Е. П. Левитаном в необходимости сделать курс «более точным, строгим и серьезным», что, на наш взгляд, назрело уже давно. Правда, неясно, почему эти попытки совершенствования программы связываются со школой 80-х годов. Уже существующая программа, как неоднократно отмечалось на пленумах Ученого методического совета Министерства просвещения СССР, плохо удовлетворяет требованиям, предъявляемым к школьному курсу астрономии, и прежде чем предлагать для обсуждения новую программу, полезно проанализировать недостатки существующей. К сожалению, в статье Е. П. Левитана не дается такого анализа.

В одной из своих предшествующих публикаций Е. П. Левитан говорил о необходимости «коренного изменения структуры и содержания» курса и о систематизации учебного материала («Земля и Вселенная», № 3, 1973, стр. 61—66.—Ред.). Однако предлагаемая им программа не отвечает поставленным требованиям. Налицо, прежде всего, перегруппировка и перестановка вопросов существующей программы. Предлагается схема: «Введение — Солнце — Звезды и межзвездная среда — Планеты и малые тела — Космология и космогония». Вряд ли изложение по такой программе будет результативнее, чем по ныне действующей. Как и существующая, программа, предложенная Е. П. Левитаном, по своей структуре наиболее подходит к описательному курсу. Например, после «Введения» следует тема «Солнце». Но рассказывать о Солнце, оставаясь даже в рам-

ках предложенной программы, можно, если школьники уже овладели такими понятиями, как спектр, плазма, и имеют представление о взаимодействии плазмы с магнитным полем. В раздел «Солнце» включен вопрос о его внутреннем строении, но о солнечных источниках энергии предлагается упомянуть лишь в следующем разделе программы.

Внутренняя структура программы потеряла упорядоченность. Экваториальные координаты попали в раздел «Звезды и межзвездная среда» (почему, например, не в «Планеты»?). Методы определения расстояний, размеров и масс выделены в предпоследнем разделе программы, хотя без этих вопросов не обойтись при изучении материала о Солнце и звездах. Особенности видимого движения Солнца по небу и понятие эклиптики не включены в программу. Совершенно недопустимо, на наш взгляд, что не предусмотрено изучение таких важных вопросов, как движение звезд, затмения, приливы.

Наконец, темы «Космология» и «Галактики» разобщены обширным разделом «Планеты», хотя они по своей сути неразрывно связаны между собой.

Резюмируя, можно сказать, что предложенный проект программы, хотя и рассчитан на 80-е годы, не только содержит многие недостатки, присущие ныне действующей программе, но в некоторых случаях, по нашему мнению, даже усугубляет их. Разработка новой школьной программы по астрономии и создание на ее основе пробного учебника продолжает оставаться актуальной задачей.

Доцент МГУ А. В. ЗАСОВ

Необходимо совершенствовать структуру курса астрономии

Как показало обсуждение итогов перехода к новому содержанию образования по астрономии, проведенное Академией педагогических наук и Министерством просвещения СССР, недостатки, которые обнаруживаются в знаниях школьников, объясняются несовершенством структуры курса астрономии. Главная беда в том, что эта структура, пригодная для «описательной» астрономии, оказывается прокрустовым ложем для астрофизики, ее обобщающих идей и важнейших теоретических положений.

Вторая причина слабого усвоения отдельных разделов курса — несоответствие объема материала числу часов, которое на его изучение отводится по плану (35 часов). В среднем, на уроке астрономии приходится ввести свыше восьми новых понятий, в то время как методически целесообразно вводить не более трех-четырех. Таким образом, необходимо либо сократить объем фактического материала курса астрономии не менее чем вдвое, либо во столько же раз увеличить число уроков астрономии. Многократные призывы астрономической общественности в лице Всесоюзного астрономо-геодезического общества к увеличению курса астрономии в средней школе до 70 часов пока не принесли желаемого результата.

Наконец, пробелы в знаниях учащихся вызваны также несогласованностью курсов физики и астрономии в средней школе. При изучении астрономии практически невозможно опереться на сведения из оптики, спектроскопии, теории строения атома и ряда других разделов физики. Укрепление связи курса физики с

астрономией должно выражаться в согласовании последовательности и глубины изучения вопросов, необходимых для усвоения астрономии. Следует также пересмотреть структуру курса астрономии, четко выделить основные понятия и сократить второстепенные.

На данном этапе важно обсудить различные принципы построения курса астрономии, которые уже высказывались отдельными методистами, и выслушать новые соображения. Поэтому большой интерес вызывает дискуссия о будущем курсе астрономии средней школы на страницах журнала «Земля и Вселенная» (№ 4, 1975, стр. 76—78; № 6, 1975, стр. 64—70.—Ред.). Правда жаль, что эта дискуссия свелась в основном к высказыванию частных замечаний по проекту программы, который сам автор считает лишь предварительным.

Можно констатировать, что в проекте программы, за исключением перестановки некоторых разделов, принципиальных структурных изменений не предлагается. Более того, при изучении ряда вопросов учитель столкнется с необходимостью опираться на понятия, которые еще не изучены, так как они искусственно вынесены в последующие разделы программы. Сказанное относится в первую очередь к понятию экваториальных координат, включенных в третью тему («Звезды и межзвездная среда»). Между тем экваториальными координатами придется пользоваться при знакомстве со звездной картой (первая тема) и проведении наблюдений звездного неба, а также при рассмотрении способов приближенной ориентировки по Солн-

цу (вторая тема). Мы уж не говорим о том, что рассмотрение межзвездной среды оторвано от изучения структуры Галактики, а звездная космогония отделена от природы звезд двумя темами, изучаемыми в течение 15 уроков! О беспредельности Вселенной, согласно предлагаемой программе, учитель должен рассказать в теме четвертой, а о ее вечности — лишь спустя 12 уроков. Можно привести и другие примеры несовершенства программы.

Для создания программы, которая удовлетворяла бы требованиям современного астрономического образования, необходима серьезная работа. За ней последует экспериментальная проверка, в ходе которой будут выбраны наиболее эффективные методические решения. И только после этого можно ставить вопрос о введении в школе нового курса астрономии.

Кандидат физико-математических наук
Е. К. СТРАУТ
(Академия педагогических наук СССР)

Не забудьте
вовремя оформить подписку
на журнал
«ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ»
на 1977 год

Подписка принимается без ограничений во всех пунктах «Союзпечати», в отделениях связи, почтамтах и у распространителей печати. Обо всех случаях отказа в подписке просим сообщить в Центральную контору «Академкниги» по адресу: Москва, Центр, Большой Черкасский переулок, 2/10.

Подписная цена на год —
2 руб. 40 коп.
на полгода — 1 руб. 20 коп.
Цена одного номера — 40 коп.

Журнал «Земля и Вселенная» (1975, № 1, стр. 80—84; № 4, стр. 76—78; № 6, стр. 64—70) развернул дискуссию по весьма актуальному вопросу: какая программа школьного курса астрономии должна заменить ныне действующую. Комиссия по астрономии Ученого методического совета при Министерстве просвещения СССР была вовлечена в эту дискуссию, так сказать, «по долгу службы», ибо Министерство просвещения поручило ей сформулировать свое мнение о материалах, опубликованных в журнале.

Комиссия, обсудив официальные рецензии А. В. Засова и Е. К. Страута, заключила, что у программы, предложенной Е. П. Левитаном, имеется ряд недостатков, присущих и ныне действующей. Главный недостаток существующей программы школьного курса астрономии, как отметила комиссия еще в 1972 году, кроется в самом принципе ее построения — от близкого к далекому. Этот принцип идеален для описательного курса астрономии такого, как «Основы мироздания». Однако с развитием науки все больше внимания приходится уделять объяснению физической сути явлений. В рамках существующей программы это затруднено тем, что не выделяются общие вопросы, необходимые для понимания природы важнейших объектов. Например, простое упоминание о том, что явление электромагнитной индукции, изучаемое в школьной физике, означает «вмороженность» магнитного поля в плазму, сразу позволяет обратить внимание школьников на сходство многих процессов, происходящих на Солнце, звездах, в магнитосфере Земли и в межзвездном газе. Многие упущения существующей программы вскрылись в ходе практической работы в школе и при рассмотрении рукописей учебников и учебных пособий, написанных на основе этой программы.

Выводы комиссии обсуждались на пленуме Ученого методического совета и докладывались непосредственно заместителю министра просвещения СССР, члену-корреспонденту Академии педагогических наук М. П. Кондакову, который официально санкционировал работу комис-

Принципы построения курса астрономии в школе будущего

сии по совершенствованию программы школьного курса астрономии и созданию перспективного ее варианта.

Комиссия рассмотрела уже несколько «возможных вариантов построения курса астрономии». Прежде чем вынести лучший из них на суд астрономической общности, комиссия считает необходимым обсудить те принципы построения школьного курса астрономии, которые должны лечь в основу программы. Их можно сформулировать следующим образом.

1. Главная задача школьного курса астрономии — добиться от учащихся усвоения ряда важнейших идей, без овладения которыми не может считать законченным свое образование ни один современный человек. Выделяя эти обобщающие идеи, комиссия учла глубокий анализ сущности и значения современной астрономии, который член-корреспондент АН СССР И. С. Шкловский сделал еще в 1969 году («Вопросы философии», № 5, 1969) и недавно развил в своей блестящей книге «Звезды: их рождение, жизнь и смерть» (М., «Наука», 1975). Кстати, содержание этой книги дает ответ на вопрос о том, что в программе школьного курса астрономии должно быть на самом главном (хотя и не обязательно первом!) месте. Это, разумеется, звезды, поскольку в них сосредоточено более 97% всей массы Вселенной и они — основной источник энергии.

Указанные обобщающие идеи вкратце сводятся к следующему: астрономия имеет огромное мировоззренческое значение, ее развитие — яркая иллюстрация диалек-

тики, ее сущность — наблюдение электромагнитных излучений; распределение вещества во Вселенной определяет свойства нашего физического пространства, движения во Вселенной — проявление универсальных взаимодействий в природе; важнейшие сведения о телах Солнечной системы — основа для понимания ее происхождения; эволюция звезд — важнейшее звено эволюции природы в целом; природа и эволюция галактик — основа космологии. Разумеется, можно и нужно спорить о формулировках, об упущенных или, напротив, «лишних» идеях, но при всех условиях важна суть.

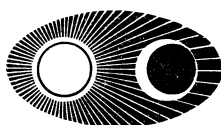
2. Успешное овладение этими идеями зависит от оптимального выбора основных понятий и соответствующего объема информации, предназначенной для усвоения.

3. Вопросы астрофизики не формально, а по существу должны занять главное место в курсе, для чего необходимо включить в него некоторые теоретические положения, без которых невозможна интерпретация важнейших астрономических наблюдений.

4. Чтобы изложить основы современной астрономии на высоком научном уровне в условиях ограниченного времени, следует по возможности использовать принцип дедукции (от общего к частному).

5. Астрономия должна быть гармоническим элементом единой темы предметов, изучаемых в средней школе, и максимально использовать межпредметные связи.

Комиссия не считает, что пришло время предложить для обсуждения еще один «возможный вариант прог-



АСТРОНОМИ-
ЧЕСКОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ

раммы». Но не создается ли впечатление, что, ограничившись только критикой (а это делать всегда легче, чем предложить нечто лучшее!), комиссия пытается «навязать» общественности дискуссию о принципах и хочет уйти от делового обсуждения конкретных проблем? Это не так. В настоящее

время комиссия уже располагает проектом программы, разосланным для обсуждения членам комиссии и представителям астрономической общественности. После учета замечаний и одобрения этого проекта комиссией он будет опубликован, и тогда можно будет перейти к дальнейшим этапам

работы по совершенствованию преподавания астрономии в школе.

**Председатель комиссии по астрономии Ученого методического совета при Министерстве просвещения СССР,
доцент МГУ
Э. В. КОНОНОВИЧ**

В последнее время много пишут и говорят о необходимости перехода к более эффективным методам обучения, развивающим творческое мышление школьников. Как должна решаться эта задача при изучении основ астрономии?

Прежде всего, следует выделить из учебного материала вопросы, которые школьники должны усвоить и запомнить. Само изложение нового материала должно стать проблемным: надо не просто сообщать конечные выводы астрономической науки, но и воспроизводить в какой-то мере пути их открытия, знакомить с методами и инструментами современной астрономии, давать учащимся представление и об истории науки. Чтобы любой учитель мог перейти от описательного курса астрономии к курсу астрономии, удовлетворяющему современным требованиям, надо прежде всего иметь программу, отвечающую этим требованиям, и соответствующий ей учебник. Поэтому меня, как и других учителей астрономии, очень заинтересовал проект программы, предложенный Е. П. Левитаном («Земля и Вселенная», № 1, 1975, стр. 80—84.—Ред.).

Отвечает ли этот проект сформулированным выше требованиям? Ду-

Проект новой программы и системный подход к курсу астрономии

маю, что да, ибо в проекте нет устаревших, потерявших свое практическое значение вопросов и включен ряд современных проблем; в нем четко выделено то основное, что должны запомнить учащиеся. Вероятно, предлагаемый курс астрономии будет не только понятен, но и интересен ребятам.

Рассмотрим подробнее каждый раздел новой программы.

По существующей программе в «Введение» входит много важного, но трудного материала (например, спектральный анализ, телескопы и др.). Необходимых знаний по физике у ребят еще нет, значит, на уроках астрономии придется говорить о вещах, которые оказываются для учеников трудными и довольно абстрактными.

Проект «Введения» включает три основные темы: предмет астрономии; развитие представлений о Вселенной; законы движения небесных тел. Бла-

годаря этому уже на первых уроках ребята вспомнят то, что им должно быть известно о Солнечной системе из курса природоведения и физики, познакомятся с развитием представлений о Вселенной. Практические работы со звездной картой, включенные в вводный раздел, просты, доступны и не требуют знания экваториальных координат. Со звездной картой ребят нужно знакомить, как можно раньше, чтобы уже осенью они могли начать наблюдения звездного неба.

«Введение» предусматривает решение задач на законы Кеплера. Но мне кажется, что на это просто не хватает времени. Зато буквально на следующем уроке в теме «Солнце» мы сможем использовать законы Кеплера для вычисления массы Солнца. В этом же разделе на примере конкретного астрономического объекта (Солнце) целесообразно дать первоначальное понятие о спектральном анализе.

По теме «Солнце» за три урока нужно решить ряд задач. Задачи эти необычные. Достаточно ли на это времени, ведь за три часа надо объяснить новый материал и опросить учащихся? Думаю, что при острой нехватке времени не стоит возвращаться к способам приближенной ориентировки по Солнцу, ведь с этими способами школьники знакомятся в курсе физической географии 5 класса. Вместе с тем, мне представляется крайне интересной попытка системного подхода к изучению астрономии, когда в едином комплексе рассматриваются и астрономические, и практические, и астрофизические аспекты изучения Солнца и других небесных тел. Идея системного подхода бесспорно заслуживает внимания, но о ее практической реализации необходимо еще как следует подумать.

Так, в третьей теме «Звезды и межзвездная среда» автор проекта программы сосредоточил все вопросы, относящиеся к звездам (по существующей программе часть из них находится в «Введении»). Но здесь последовательному системному подходу мешает то, что ядерную физику ребята еще не знают, поэтому изучение источников энергии звезд вызовет у них затруднение. Возможно, этот вопрос все-таки лучше перенести в раздел, где рассматриваются происхождение и эволюция звезд.

Для темы «Галактика» времени отведено достаточно. Здесь можно провести итоговую работу и по теме «Звезды». Нужно только уточнить, какие задачи предполагается решить в данном разделе.

С моей точки зрения, для учащихся не будет труден переход от четвер-

той темы к пятой, от беспредельности Вселенной к особенностям видимого движения, а затем и к физике планет. Тема «Планеты» возвращает школьников к ранее изученному материалу и помогает им закрепить знания. В эту тему включены элементы механики космических полетов, что делает курс более физичным и современным. Проблема внеземных цивилизаций стоит на непривычном для нас месте, но перейти к ней здесь будет довольно просто, причем это позволит еще раз вернуться к материалу темы «Звезды».

Последний раздел объединяет физику, астрономию, философию и является хорошим завершением курса.

Подводя итог, можно сказать, что проект программы интересен, но весь материал трудно будет уложить в 35 часов, поэтому с целью разгрузки, может быть, дать часть вопросов в ознакомительном плане. Предстоит решить два важных методических вопроса — разгрузить курс астрономии и теснее связать его с физикой. Нужно тщательно отобрать и включить в курс астрономии лишь самое главное, самое необходимое и имеющее практическое значение в наши дни. Не следует, по моему мнению, дублировать курс физики и изучать на уроках астрономии такие вопросы, как плазма и взаимодействие плазмы с магнитным полем; спектр, спектральный анализ, ядерные реакции и т. д. Их надо рассматривать, как уже говорилось, только в применении к конкретным объектам и, по возможности, в порядке углубления тем, изученных на уроках физики.

Всем ясно, что для серьезного изучения астрономии необходимо опи-

раться на знания учащихся физики. К сожалению, эти два курса трудно «увязать», но кое-что сделать можно. Невольно задаешь себе вопрос: разве существующий учебный план школы разработан навечно? Ведь известны экспериментальные работы (В. Н. Федорова и Д. М. Кирюшкин. Межпредметные связи. М., «Педагогика», 1972), в которых анализируется новый учебный план по естественнонаучным дисциплинам. В нем предлагается начать изучение физики с 5, химии с 6, а биологии с 7 классов, чтобы изложение биологии опиралось на знание законов химии и физики. Жаль, что оказалась забытой астрономия! А между тем можно было бы приступить к изучению астрономии после завершения курса физики или в период повторения основного материала по физике. В этом случае изучение астрономии позволило бы показать ребятам земную физику в космических условиях, сделать курс астрономии действительно завершающим физико-математическое образование выпускников средней школы.

Астрономия — фундаментальная наука. Ее нельзя ни к чему «привязать», ее нужно изучать как самостоятельный курс. Каждый преподаватель астрономии знает, как ребята любят и интересуются этим предметом. А трудности с межпредметными связями могут и должны быть преодолены. Это принесет пользу не только преподаванию физики, но и других предметов. Разве допустимо, например, что из учебника общей биологии десятиклассники узнают, что Земля прошла «стадию звезд» (!!).

Необходимость создания новой программы назрела. Для ее обсуждения надо привлекать как можно больше педагогов-практиков. Но не нужно затягивать на многие годы это обсуждение, ибо в конечном счете не программа, а учебник оказывает решающее влияние на успех преподавания. Важно поскорее создать пробный учебник и представить его на обсуждение учителей.

**Учитель физики и астрономии
средней школы № 397 г. Москвы
Т. А. ТАСКИНА**



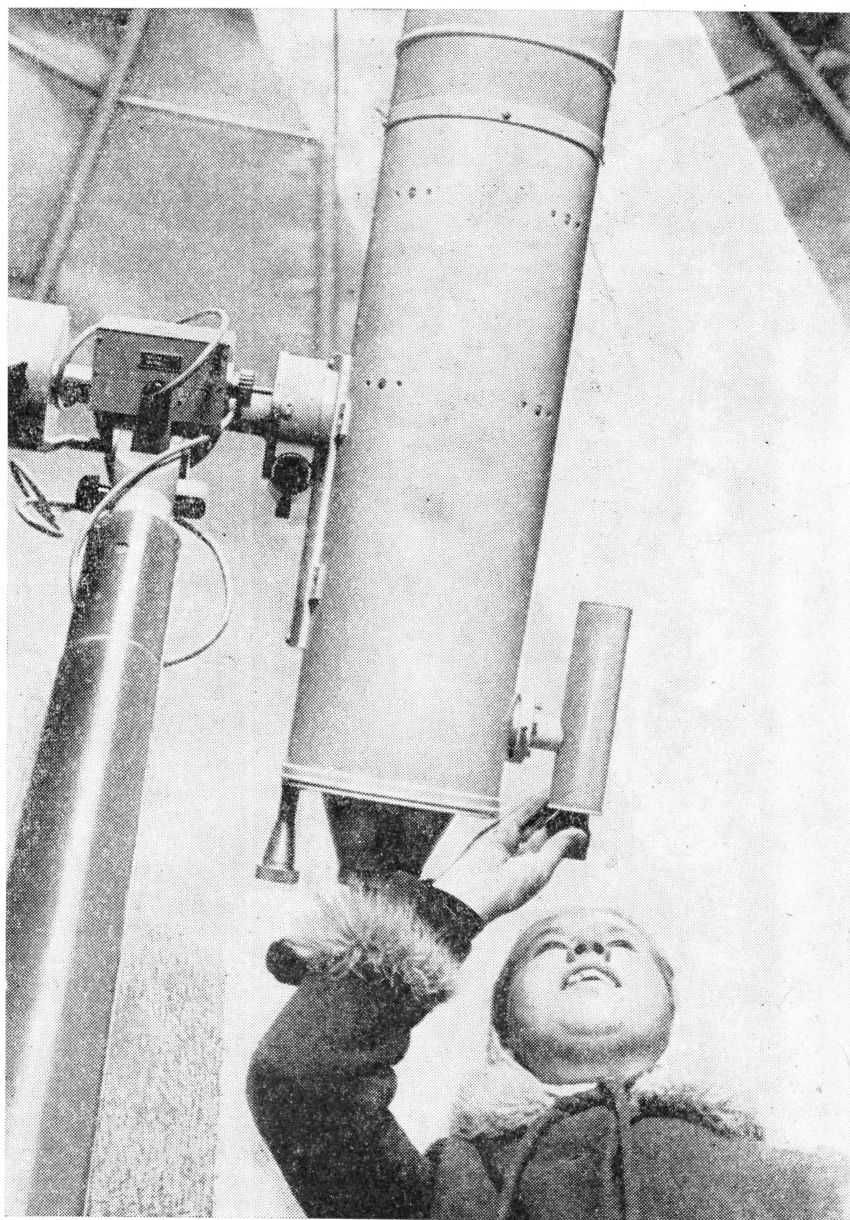
Школьный планетарий и обсерватория в Новополоцке

В сентябре 1972 года в средней школе № 2 города Новополоцка был открыт планетарий. Его оборудовали школьники — члены астрономического кружка, которым руководит учитель физики и астрономии Е. М. Крылов.

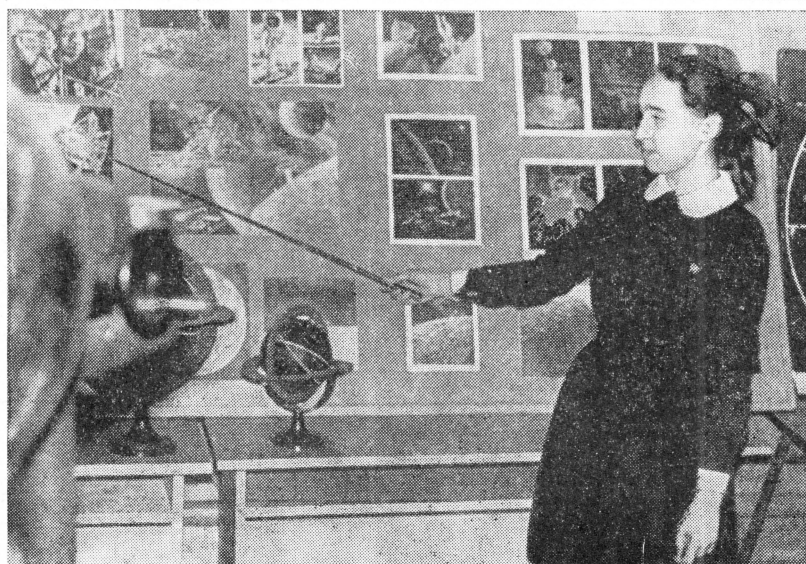
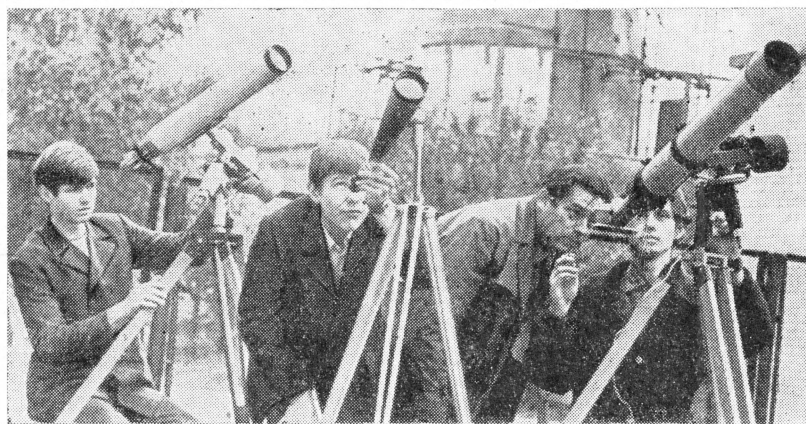
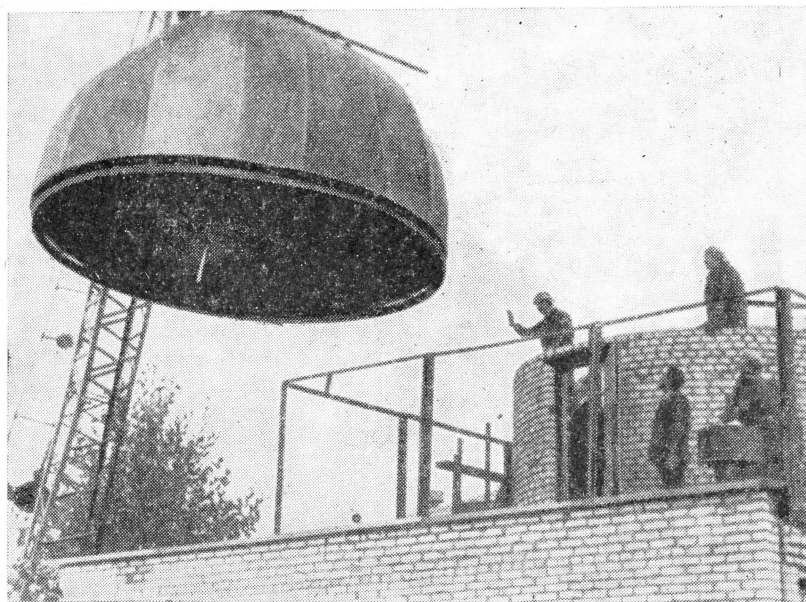
Кружковцы и учителя уже прочитали свыше 220 лекций в планетарии. Здесь можно узнать о последних достижениях в исследовании планет космическими аппаратами, познакомиться с современными представлениями о Солнечной системе, услышать поэтический миф или легенду, связанную с тем или иным созвездием. Особый интерес вызывает лекция «Возможность жизни на других планетах».

Каждая лекция сопровождается показом черно-белых и цветных диапозитивов, которые изготовляют сами ребята. В планетарии сконструирована действующая модель Солнечной системы, демонстрирующая восход и заход Солнца и Луны, солнечные и лунные затмения, сделана панорама города. На лекции в планетарии собираются не только школьники Новополоцка, но и всей Витебской области.

В 1973 году учащиеся средней школы № 2 начали астрономические наблюдения на своей обсерватории. Построить обсерваторию им помогли шефы из Строительно-монтажного управления № 5 и управления «Нефтезаводмонтаж». Своими силами ребята изготовили 12-сантиметровый телескоп системы Ньютона. Фокусное



У 12-сантиметрового телескопа системы Кассегрена семиклассница Т. Шиманович.



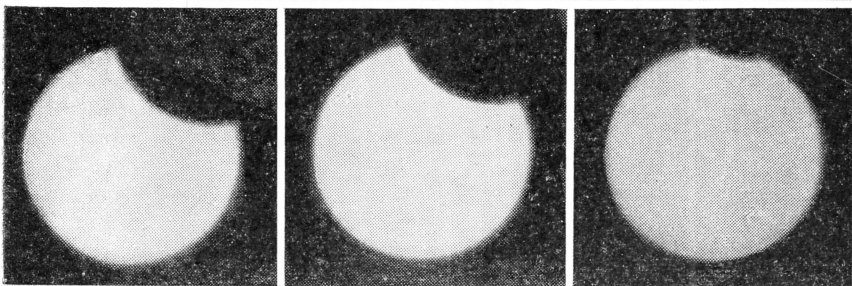
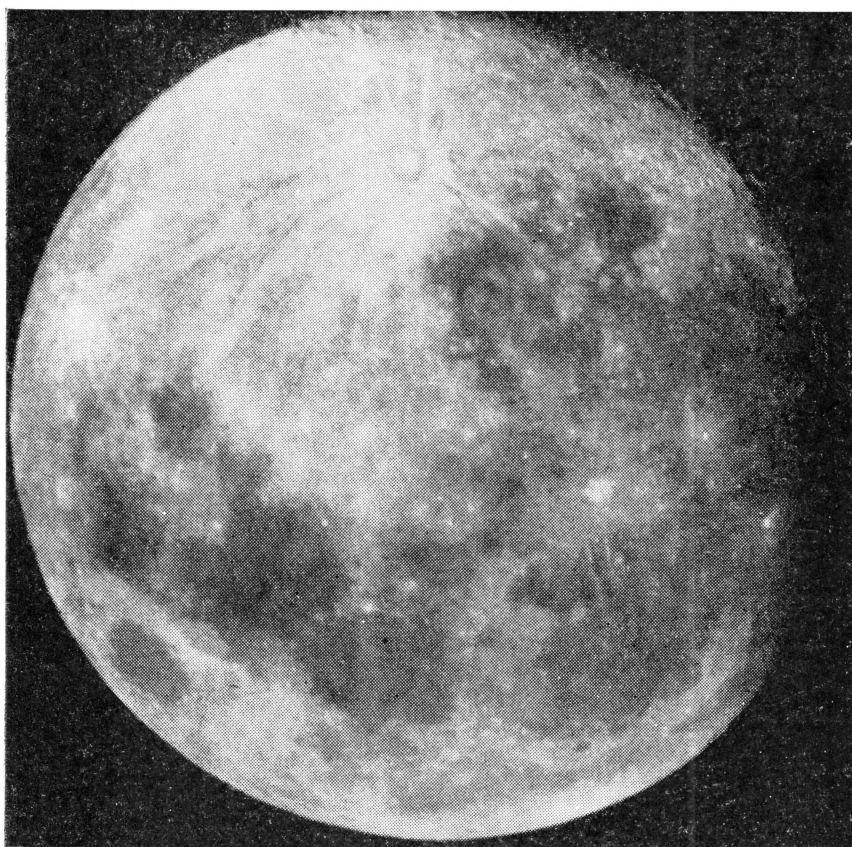
расстояние телескопа 1000 мм. Инструмент снабжен электрическим приводом часовой оси. Кружковцы переоборудовали 80-миллиметровый школьный рефрактор в астрограф, который также имеет электрический часовой привод. Недавно на обсерватории появился новый телескоп — 12-сантиметровый рефлектор системы Кассегрена.

Сейчас на обсерватории регулярно проводятся астрономические наблюдения. Ребята делают зарисовки Солнца, Луны и Венеры, фотографируют небесные тела и звездное небо, наблюдают метеоры. Большой успех выпал на долю ученика 8 класса Юрия Соленка. Наблюдая 19 июля 1975 года двойные звезды, он обнаружил диффузный объект в созвездии Лебеда. Кружковцы сразу же включились в наблюдения и установили, что это — комета. Юрий открыл новую комету на 17 дней позже Т. Кобаяси, Д. Бергера и Д. Милона («Земля и Вселенная», № 3, 1976, стр. 42—49.— Ред.). 29 августа 1975 года Юрий Соленок заметил в созвездии Лебеда новую звезду. Его телеграмма об

 Идет монтаж купола школьной обсерватории (1973 г.)

 Члены астрономического кружка (слева направо) Н. Коршун, Б. Корейша и А. Родюшкин под руководством Е. М. Крылова готовят инструменты к наблюдениям

 В школьном планетарии десятиклассница Л. Юшкова рассказывает о космических исследованиях Луны



■ Луна. Снимок сделал ученик 10 класса А. Родюшкин на астрографе с объективом диаметром 80 мм

■ ■ ■ Частное солнечное затмение 11 мая 1975 года. Эти фотографии получил на телескопе системы Максутова ученик 8 класса Ю. Соленок

открытии Новой звезды была одна-дцатой из присланных в Государственный астрономический институт имени П. К. Штернберга.

Ребята с увлечением занимаются изготовлением наглядных пособий по астрономии. Например, они собрали модель Солнечной системы, с помощью которой школьники изучают конфигурации планет. Наглядные пособия и прекрасно оформленные стенды по астрономии и космонавтике находятся в астрономическом кабинете школы.

Кружковцы — постоянные участники и неоднократные победители конкурсов юных любителей астрономии, которые проводятся в Витебской области уже три года подряд. С каждым годом все больше ребят участвуют в конкурсе. Если в 1973 году их было всего 140, то в 1975 — свыше 500. Победители конкурса — учащиеся средней школы № 2 Новополоцка — отличаются более глубокими знаниями по астрономии. Эти знания они получают в хорошо оборудованном астрономическом кабинете, в планетарии, где ребята слушают лекции по различным проблемам астрономии и космонавтики, в школьной обсерватории, на которой ведутся систематические наблюдения неба.

А. К. ТОЛЧ

Фото И. КСЕНЗОВА и автора

Как был открыт планетарий в Данкове

Уже год в Данкове (Липецкая обл.) работает планетарий. Он был создан по инициативе одного из старейших лекторов Московского планетария, Почетного гражданина города Данкова Ивана Федоровича Шевлякова. Редакция попросила И. Ф. Шевлякова рассказать о создании планетария в Данкове.

Старинный русский город Данков расположен на берегу Дона, недалеко от знаменитого Куликовского поля и Ясной Поляны. Бывший уездный городок Рязанской губернии — ныне промышленный и сельскохозяйственный центр Липецкой области. На его заводах, в колхозах и совхозах трудятся большие коллективы рабочих и колхозников.

Данков — моя родина. Сейчас я живу в Москве и уже 45 лет читаю лекции в Московском планетарии. Почти каждое лето я провожу свой отпуск в Данкове, часто выступаю с лекциями по астрономии, космонавтике и научному атеизму перед жителями родного города.

Много лет я мечтал о планетарии в Данкове. Случайно узнал, что Дом пионеров Ждановского района города Москвы располагает аппаратом «Планетарий», который в Доме пионеров установить просто негде. Дирекция Дома пионеров согласилась передать «Планетарий» городу Данкову.

В 1975 году нашли помещение, приспособили его для планетария, сде-

лали по моим чертежам купол. Я привез диапозитивы и диафильмы по астрономии, космонавтике и научному атеизму и 18 августа демонстрировал комиссии Горисполкома все возможности планетария.

Официальное открытие планетария в Данкове состоялось 22 августа 1975 года. Первыми его посетили учащиеся средней школы № 1, а затем других школ и жители города. Планетарий находится в ведении Городского отдела народного образования.

Московский планетарий взял шефство над планетарием в Данкове. Из Москвы высланы 38 красочных таблиц по астрономии и космонавтике для оформления фойе планетария. Скоро здесь будет организована киноаудитория, где посетители смогут увидеть научно-популярные фильмы. Планетарий уже имеет астрономическую трубу, в которую демонстрируются искусственные спутники. Создан лекторский совет планетария и лекторская группа, куда входят учителя физики, астрономии и географии. В помощь лекторам Московский планетарий предоставил тексты и аннотации более 40 лекций.

Лекторы нового планетария быстро овладевают техникой и методикой использования аппарата «Планетарий» при чтении учебных лекций по курсу школьной астрономии, а также массовых лекций, посвященных астрономии, космонавтике и научному атеизму.

**Заслуженный деятель культуры
РСФСР
И. Ф. ШЕВЛЯКОВ**

КОНФЕРЕНЦИЯ ЮНЫХ АСТРОНОМОВ ЛЬВОВСКОЙ ОБЛАСТИ

С 6 по 10 января 1976 года в школьном планетарии Ясеновской средней школы состоялась конференция юношеской секции Львовского отделения Всесоюзного астрономо-геодезического общества. На конференцию собрались 86 юных астрономов из Львова, Ясенова и других близлежащих сел Бродовского района.

Заседание открыл руководитель Львовской народной обсерватории Г. И. Пашенко. Выступления ребят были посвящены в основном деятельности астрономических кружков и клубов. Так, десятиклассница Дина Лунина рассказала о работе Львовского клуба познавателей Вселенной, а ученик 9 класса Тарас Шуплат — о секции любительского телескопостроения, организованной при клубе. Из выступления ученицы 10 класса Анны Ворошило собравшиеся узнали, как работает клуб любителей астрономии и космонавтики в Ясеновской средней школе. Члены этого клуба ведут астрономические наблюдения, о которых сообщила десятиклассница Ольга Коваль.

Ребята высказали интересные предложения по улучшению работы астрономических кружков. Участники конференции обратились к комсомольцам, пионерам и школьникам Львовской области с призывом расширять деятельность существующих и создавать новые кружки любителей астрономии, космонавтики и научного атеизма при каждой 8-летней и средней школе, а также в профессионально-технических училищах. В школах необходимо оборудовать географические и астрономические площадки. Большое внимание кружковцы должны уделять атеистической пропаганде.

Участники конференции познакомились с окрестностями села Ясеново, побывали на животноводческой ферме местного колхоза имени Стефаника. Они посетили картинную галерею в реставрированном Олеськом замке XIII столетия, где, по преданию, родился Ян Собеский и служил отец Богдана Хмельницкого, осмотрели памятник, воздвигнутый легендарной конной армии С. М. Буденного, и памятник советскому разведчику Н. И. Кузнецову.

**Председатель Львовского
отделения ВАГО
профессор А. В. БУТКЕВИЧ
Председатель массовой секции
Львовского отделения ВАГО
Г. И. ПАЩЕНКО**

Кассиопея.

Кассиопея

Небольшое, но яркое созвездие Кассиопеи легко найти на небе по характерной конфигурации звезд, образующей букву «М» или «W». Это созвездие впервые упоминается в IV—III веке до н. э. древнегреческим астрономом и математиком Евдоксом, а затем и поэтом Аратусом. Тогда же легенду об эфиопской царице Кассиопее стали связывать с созвездием.

В древнем мифе о Кассиопее рассказывается, как несравненная супруга Цефея — царя Эфиопии — похвалялась, будто она и ее дочь Андромеда красивее всех женщин и даже прекрасней nereид — дочерей морского бога Нереея. Обиженные нимфы моря пожаловались самому владыке глубин Посейдону. В отместку Посейдон наслал на Эфиопию чудовище, которое причинило большой вред стране. Чудовище должно было погубить и царскую дочь, но ее спас легендарный Персей, чем заслужил руку Андромеды. Однако Кассиопея, вопреки данному раньше обещанию, воспротивилась замужеству дочери.

Боги наказали Кассиопею за ее вероломство. Посейдон поместил ее среди звезд в корзине, которая в оп-

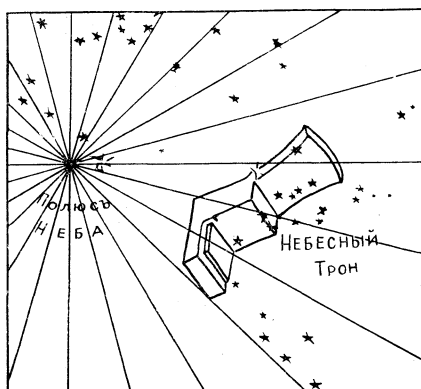
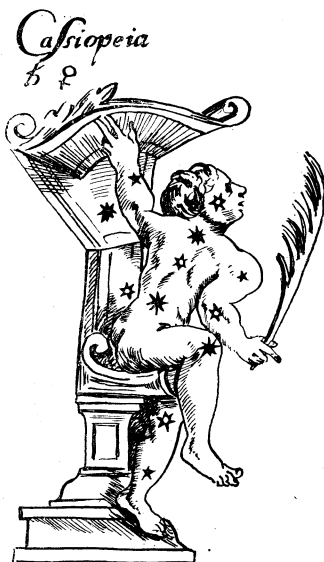
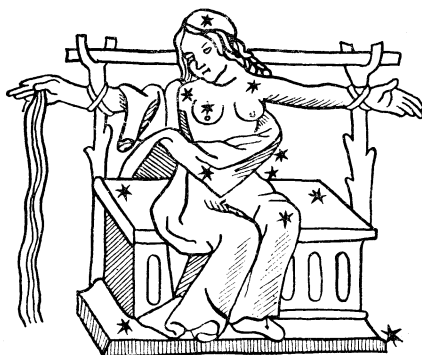
ределенное время года опрокидывалась вверх дном. Головокружительные движения вокруг полюса должны были научить Кассиопею скромности и покорности. Позднее корзину превратили в кресло, которое у Птолемея именуется Седалищем и Троном.

В VIII веке теологи, пытаясь уничтожить на небе богов Олимпа, дали созвездиям христианские названия. Кассиопея становится то Марией Магдалиной, то иудейской пророчицей Деборой, жившей на горе Эфраим под пальмовым деревом. На звездной карте 1559 года Кассиопея сидит в дубовом кресле с высокой спинкой и держит в правой руке пальмовую ветвь — символ мученичества. Обезображенная фигура царицы во имя благопристойности повернута спиной.

Во времена средневековья в изображениях созвездия вообще исчезли какие-либо живые существа и его стали называть Небесным тронem. (Полюс считался вершиной, откуда всевышний управляет миром. Естественно, что рядом должен быть и небесный престол.) В эпоху Возрождения на трон возвратилась античная Кассиопея, но с пальмовой ветвью в руке.

Известны и другие названия созвездия Кассиопеи. Римляне именовали его Солиум — так называли они свои «купальные стулья». На Руси созвездие известно как Косари, на Украине — Борона. Тунгусы называли его Лань, чукчи — Белый Медведь или Заяц, эскимосы — Три скалы, поддерживающие небесный каменный светильник.

И. И. НЕЯЧЕНКО

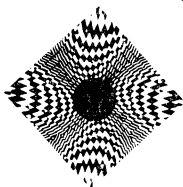


Изображение созвездия Кассиопеи в книге Т. Радинуса «Sideralis Abyssus» (1511 г.)

Созвездие Кассиопеи на звездной карте XVI века

Рисунок созвездия Кассиопеи, сделанный Я. Г. Вилитом по описанию звездного неба в раннехристианском каноне «Откровения Иоанна Богослова»

М. Ц. ДАННЫХ



ФАНТАСТИКА

Планета Терра (Фантастический этюд)

Каждые семь с половиной минут воздух над космопортом глухо и мощно вздрагивал, синие вихри в центре поля темнели, приобретали четкость материального тела и обращались в огромный, ярко разукрашенный туристский лайнер. Зависнув на несколько секунд, корабль быстро спускался в отведенный ему сектор и исчезал в ангаре. И почти тут же до Дежурного доносился радостный вопль тысяч молодых голосов, приветствующих твердую землю под ногами, яркое небо над головой и все остальные прелести заповедной планеты — планеты, которая сулила месяцы увлекательных развлечений и полной свободы.

И не успевал утихнуть веселый шум в одном месте, как новый толчок воздуха возвещал о прибытии следующей порции туристов, готовых после недельного пребывания в космосе разрядить запасы энергии на веселой планете Терра.

Дежурный привык за десятки лет к быстрому темпу жизни молодежи, к суете и шуму, и возне, затеваемой с поводом и без повода. Привык даже к бесконечной, несколько однообразной изобретательности ребят и девочек, стремящихся во что бы то ни стало обмануть бдительность инструкторов и следящих автоматов и выкинуть что-нибудь эдакое... Привык он и к самой планете, такой же молодой и яркой, как ее вечно меняющееся население. Привык, но не переставал удивляться необыкновенному буйству красок, рожденному водой, воздухом и солнцем этого прекрасного мира. Мощные каменные хребты высились на материках, реки и озера сверкали своей голубизной, лавы вы-

плескивались из вулканов, буйные воды океана лизали песчаные берега.

— Все молодо на планете. Это-то как раз и привлекает молодежь. А мне уж надо что-нибудь поспокойнее. Пройдет еще несколько лет, и для меня все кончится. Пора на покой, куда-нибудь на обжитые планеты, в хижину на берегу ручья, чтобы была рыбка, цветы на скалах, огонь в камине по вечерам и литературный автомат, в который по капле, по слову можно перелить свою долгую и бурную жизнь, начиная... Ох, как давно это было!

Дежурный отвлекся от своих воспоминаний и бросил взгляд на пульт управления. И вовремя!

Воздух не вздрогнул, а словно взорвался. Изящный маленький бот возник из синего марева почти мгновенно и поплыл к люку парадного причала.

— Батюшки, никак Ревизор! — подумал Дежурный и опрометью бросился принимать высоких гостей.

Ревизоры прибывали на Терру и раньше. Прибывали из разных вышестоящих инстанций — из Совета по туризму, из Совета Галактики. На Терре даже сложился определенный ритуал встречи, ошеломляющий гостя. Было вполне естественно показать Ревизору «производство», а общая атмосфера веселья и радости незаметно делала свое дело. Ревизоры уезжали, оставляя в своей памяти добрые воспоминания от командировки, может быть, влиявшие и на их радужные отчеты. Собственно, эти действия были вполне невинны, поскольку и так на планете все было, в общем, в порядке, а отдельные мелочи? — ну где их не бывает.

На этот раз Ревизор представлял

Комитет по охране природы, Сектор заповедных планет. Он был молод и энергичен. Как всегда, сопровождать Ревизора было поручено не профессиональному гида, а старейшему сотруднику Парка — Дежурному приемного космопорта. Программа осмотра планеты включала посещение всех необходимых пунктов — от стандартного туристского маршрута до хозяйственных служб ремонтников. Внешне это выглядело очень сухо и по-деловому. Психологический подтекст заключался в том, что в намеченные места нужно было попасть в строго определенное время — за это отвечал Дежурный.

Рано утром серый мощный мобиль Совета отправился в путь. В его мягких креслах расположились Ревизор и Дежурный. На небольшой скорости мобиль шел над бескрайней равниной, покрытой желто-зелеными волнами травянистых мхов. Предполагалось, что эта часть пути послужит своеобразной увертюрой к путешествию, убаюкает неизбежное у ревизоров чувство подозрительности. Однако на этот раз произошла осечка. Прошло минут пятнадцать полета. Неожиданно справа по курсу мелькнуло какое-то искусственное сооружение, и через несколько секунд мобиль пересек коричнево-красную стометровую полосу взрыхленной земли.

— Что это? — спросил Ревизор, притормаживая мобиль.

— Черт возьми, опять недоглядели, — выругался про себя Дежурный. — Думаю, — ответил он вслух, — это дело рук туристов, они иногда немного озоруют.

Ревизор приподнял мобиль на несколько сот метров вверх, и на



желто-зеленом фоне ярко обрисовалось декоративное гигантское сердце, пронзенное огромной стрелой. Невроятных размеров автоматический алый плуг совершал преступление — выполнял функцию наконечника стрелы. В общем-то происшествие было рядовым, но психологический этюд «Степные просторы» был загублен на корню.

Дальше все пошло вроде бы ничего. До самого вечера благополучно претворялись в жизнь все пункты программы: с риском для жизни Ревизор и Дежурный спустились на каноэ по горной речке, вместе с группой туристов поужинали только что пойманными раками и устроились на ночлег под открытым небом в очаровательной горной долине рядом с говорливым ручейком. Дежурный успокоился после утреннего происшествия и благодушно сидел у костра, потягивая из чашки чай. Языки пламени стали ослабевать, и иссиня-черное небо, казалось, приблизилось на расстояние вытянутой руки.

Чирк — маленькая яркая точка мелькнула в небе. Чирк — тут же ответила ей другая. И через минуту прямо над головами ярко засверкал звездный дождь.

— Что это? — второй раз за день спросил Ревизор.

— Вы разве не знаете, — удивился Дежурный, давно привыкший к этому зрелищу. — Рой мелких метеоритных тел вошел в атмосферу. Красиво?

— Красиво. Я никогда не видел такого. Разве здесь не чистили ближний космос?

— А зачем? Сооружений в космосе у нас нет, нуль-транспортировке они не мешают. Более того, в этой систе-

ме количество роев многократно усилено, для чего лет тысяч сто назад взорвали четвертую планету системы. Теперь из того места, где была планета, гравитационными вихрями выброшены на орбиту Терры ее мелкие обломки.

— Но ведь закон запрещает разрушение планет в любых системах?

— Тогда этот закон не распространялся на планеты 8-го класса и были модны космические аттракционы.

Дежурный не стал говорить еще об одном аттракционе, который ожидался следующей ночью.

— Не знаю, не знаю, — пробурчал под нос Ревизор.

Еще один психологический этюд пошел прахом...

Следующий день начался хорошо. В пепельной дымке вставали вершины гор, ярко пылал костер, отдавая свое тепло продрогшим людям и большому медному кофейнику. После завтрака серый мобиль взмыл высоко вверх, прорвал полог полупрозрачного тумана и засверкал на солнце капельками росы.

Легли на курс. Предстояло посетить реставраторов, трудившихся над одним из хребтов ближайшей горной страны. Вскоре показались клубы бурого дыма, вырывавшегося из ущелья.

— Обратите внимание на северный склон, — сказал Дежурный. — Что вы можете сказать о его внешнем виде?

— Гм, пожалуй, ничего. Не вижу ничего особенного.

В этот момент они перевалили за гребень.

— А теперь — на южный.

Мобиль вильнул в воздухе. И было от чего. Гигантские, тридцатиметро-

вые буквы, высеченные энергетическим лучом прямо из монолита, гладили всему миру: «Маня+Ваня=Любовь».

— А ведь северный склон всего месяц назад был не лучше, — сказал Дежурный. — Наши реставраторы умеют работать, не правда ли?

— Какова допустимая энерговооруженность туристов? — спросил Ревизор.

— Около мегакрата.

— А сколько потребуется энергии, чтобы ликвидировать эти штучки?

— В среднем, чуть больше двухсот.

— И часто такое случается?

— Нет, что вы, так резвятся не более одного человека на десять миллионов.

— И это при приеме трех миллионов человек в день? Многовато.

К ним подлетел Руководитель работ, но Ревизор почти не расспрашивал его. Путешествие продолжалось. Ревизор уступил водительское место Дежурному, а сам связался по радио с Большим аналитическим центром планеты и задал работу его вычислителю.

Обед в маленьком уютном ресторане на вершине горы вернул было Дежурному оптимизм, но ненадолго. Ревизора заинтересовала проблема мусора. Уже в полете он время от времени направлял визир мультипликатора на яркие цветные точки. И несмотря на то, что Дежурный старался вести мобиль подальше от туристских трасс, и в степи, и в горах то и дело попадались следы пребывания человека. Иногда это были небольшие обрывки пластика, иногда целая палатка, вездеход, мобиль. Попадались вещи и совсем уже уди-

вительные — гигантские сети для ловли диких животных (их на планете еще не было!), пластиковая скульптура молодой девушки, сидящей на берегу ручья (размером не менее 25 метров) или стадо мустангов-роботов, застывших в тех позах, в каких оставили их лихие наездники, когда им наскучило это развлечение.

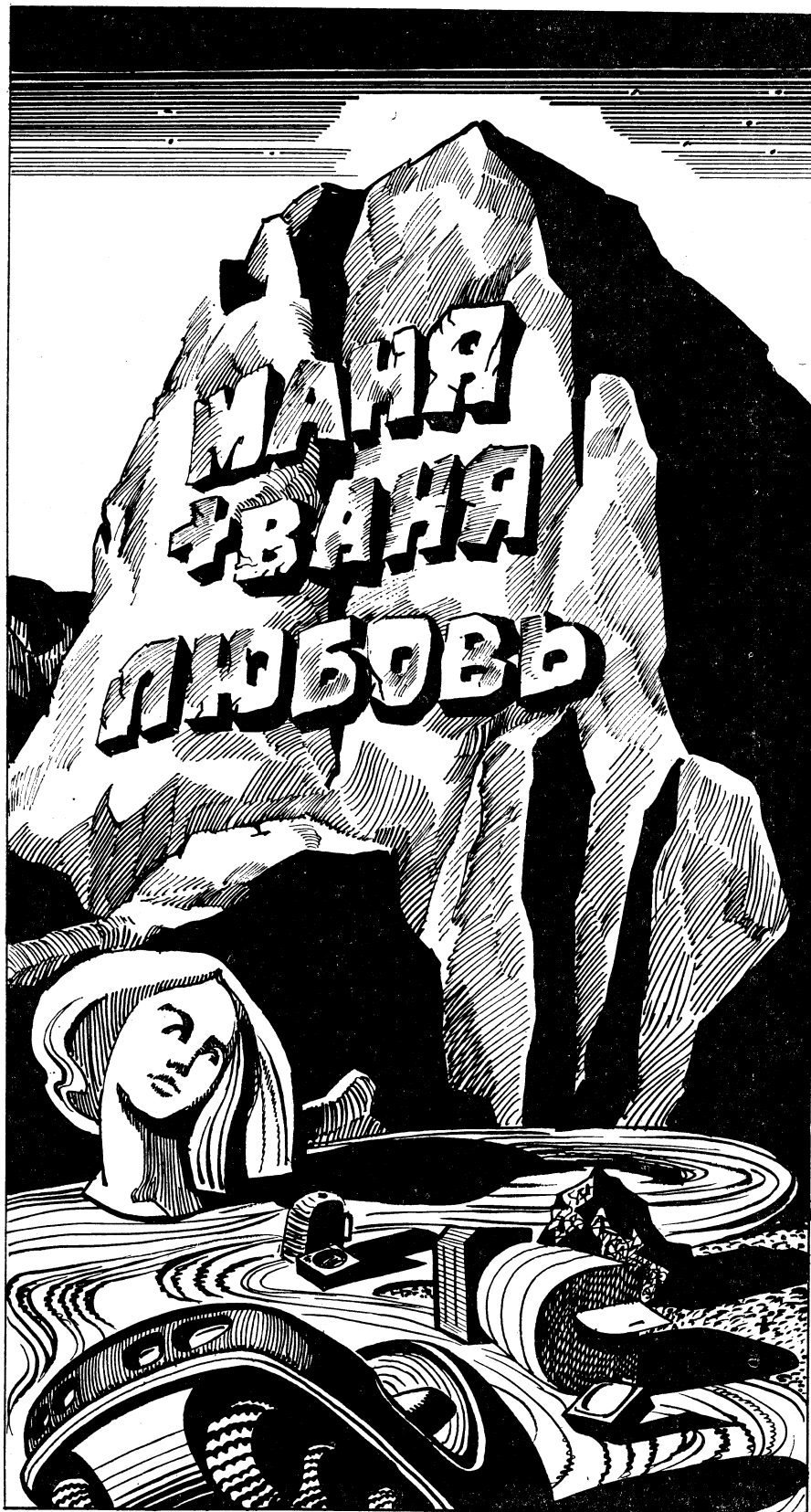
Планируя инспекторскую поездку, Дежурный отвел осмотру очистительных работ второстепенную роль, но Ревизор решил иначе. После обеда и краткого отдыха Ревизору предложили осмотреть парки для подводной охоты (рыба на Терре уже была, и немаленькая). Но Ревизор в воду не полез. Пролетев мимо парков, он долго вел мобиль вдоль берега, пока не наткнулся на место, которое впоследствии назвал в своем докладе «позором планеты». Это был широкий мелководный залив, отделенный от моря невысокой песчаной косой.

Сверху залив напоминал лужайку, покрытую яркими цветами, по которой ползали два коричневых жука. Опустились ниже. Два буксира утюжили мелкую лагуну, куда господствующие ветры и течения сносили плавающий мусор из океана. Вигвамы, байдарки, вездеходы, телевизоры и просто обрывки пластика покрыли чуть ли не всю акваторию. Самое смешное заключалось в том, что некоторые телевизоры работали и под жуткой морской свалкой мелькали туманные силуэты певиц и футболистов, каких-то чудовищ и деревьев, машин и пейзажей.

— Куда девается весь этот мусор?

— Запрессовывается в глубокий склон горы.

— Кто предложил эту ахиною?



— Так записано в техническом паспорте планеты. У нее атмосфера находится в весьма неустойчивом равновесии и большое энерговыделение при аннигиляции...

— А нуль-транспортировка?

— Но ведь она требует эквивалентного обмена масс, а все это — продукты, синтезированные из вещества Терры. Куда бы мы ни перебросили их, все равно нужно что-то возвращать обратно.

— Покажите мне, как это делается.

К месту очередного погребения мусора они подкатили поздно. Над бескрайней равниной сгустилась темнота, но не такая черная, как в прошлую ночь. На востоке разгорелось багровое зарево.

— Что это? — снова спросил Ревизор.

— Сейчас увидите...

Из-за горизонта величаво всплывала Селена — спутник этой планеты.

— Какая громада! — изумленно воскликнул Ревизор. — Это что? Неужели естественный?

— Нет, конечно. Мы отняли его у планеты 3-го класса — пятой в этой системе.

— Тоже как декоративный элемент?

— Конечно. А посмотрите какое освещение! Инженеры долго гоняли его вверх и вниз, пока не добились оптимального эффекта скорости прохождения через небосвод и освещения поверхности Терры.

— Да, это впечатляет, — сдался Ревизор.

Все серебрилось вокруг. Даже на горизонте, прямо по курсу ярко блестя в лучах Селены вершины гор. Внезапно где-то рядом с горами ярко вспыхнул и затрепетал огненный столб многокилометровой высоты.

— Проходят шахту, — предупреждая вопрос, сказал Дежурный.

Мобиль быстро несся к столбу, и вскоре стало отчетливо видно, что сияющие в свете Селены горы сложены из пластикового мусора. В долине между горами медленно вращалась гигантская баранка, из ее центра поднимался огненный столб. Постепенно он темнел, рассыпался на отдельные волокна и наконец погас. Высоко в небе вспыхнули яркие звезды осветителей. Стало видно, как днем. Через несколько минут что-то произошло с ближайшей пластиковой горой. Ее склон вспучился, зашевелился, вытянулся длинным раскачивающимся рукавом смерча. Его вершина медленно и грациозно прогнулась и нырнула в центр баранки. Ожившая гора заметно уменьшалась в объеме. Вскоре последние ее остатки вспорхнули и юркнули в баранку. Смерч исчез.

Ревизор повернул мобиль к столице. Полтора часа летели в молчании. И лишь перед самым приземлением Ревизор сказал:

— Это не парк, а свалка. Только немедленное ее закрытие спасет эту планету. — И подумав, добавил: — Если уже не поздно.

...Прошло два года. Над безбрежным морским простором опускался за горизонт Гелиос. Нежная зелень неба к западу желтела, наполнялась переливами красного и оранжевого света. Море казалось расплавленным металлом. Гелиос поминутно менял свою форму: вытягивался, рвался посередине на две узкие спящие оранжевые полосы. Не доходя несколько градусов до горизонта, Гелиос на мгновение превратился в

черный овал и исчез, растворившись в сияющем небе.

Старый Дежурный заканчивал свою прощальную вахту. Последний раз вздрогнул над космопортом горячий воздух. Вместо ярких туристских лайнеров уже несколько месяцев старый Дежурный принимал строгие транспорты демонстрационных. Вот и последний корабль, опустившийся на планету. Не слышно веселого гомона: демонстрационщики — люди деловые, им не до проказ беззаботных туристов. Скрежещат механизмы, готовится общая чистка заповедника. Дежурному уже не надо дежурить. В стартовом космопорту есть свои люди, и он может спокойно посидеть и подумать о своей стариновской судьбе и о судьбе этой молодой прекрасной планеты, на которой не останется скоро ни одного разумного существа. Пройдет долгий миллиард лет, и никто не потревожит Терру. Тектонические циклы изменят ее лик. Лавы и наносы углубят подземные свалки пластика, и в них под действием высоких температур и давлений все это превратится в простейшие углеводороды. Подземные воды наполнят песчаные пористые прослойки между плотными глинистыми пластами черной маслянистой жидкостью — естественным полуфабрикатом для новых синтезов. Впрочем, потребуется ли когда-нибудь этот полуфабрикат? Ведь за миллиард лет человечество шагнет так далеко за пределы этой Галактики, что может никому и дела не будет до одной крохотной планеты. Нет, — всем сердцем восстал он против этой мысли, — не так уж много в космосе прекрасных естественных планет, которые напоминают нам Землю — колыбель человечества, прародительницу разума в этой части космоса. Внезапно одна смешная мысль пришла ему в голову: а что если за миллиард лет и на этой планете возникнет разумная жизнь? Вот удивится тогда геологи обилию жидких углеводородных соединений, погребенных в недрах планеты!



КНИГИ
О ЗЕМЛЕ
И НЕБЕ

Покоритель двух океанов

Судьбы ученых, как и судьбы сделанных ими открытий, бывают разные. Судьба профессора Огюста Пиккара оказалась счастливой: он осуществил мечты юности и достиг поставленной перед собой цели — он стал первооткрывателем глубин двух океанов Земли — воздушного и водного.

Облик профессора Пиккара, немного чудаковатого рыцаря науки «без страха и упрека», запечатлен на страницах книги Л. Репина «Дважды первый» (М., «Молодая гвардия», 1975). Автор раскрывает наиболее важные повороты жизни ученого, рассказывает о его смелых поединках с природой. «Огюст Пиккар с детства мечтал испытать волнующий трепет исследователя, впервые идущего там, где еще никто не ходил», — пишет автор.

Пиккар — во время первого полета в стратосферу в мае 1931 года, полета удивительно дерзкого и смелого, задуманного для изучения загадочных космических лучей и потому необходимого. Пиккар — в разгаре спора со своими оппонентами. Пиккар и его помощник П. Кипфер — на стратостате «ФНРС» над вершинами Альп. Читатель присутствует на всех этапах замечательного полета, перелистывая первую главу книги «Выше птиц». Автор книги подчеркивает отношение Пиккара к рекордному полету прежде всего как к научному эксперименту. Это отношение он всю жизнь будет противопоставлять рекламной шумихе, вновь и вновь подтверждая мысль, что полеты в стратосферу и погружение в глубины океана помогают решению многих научных задач.

Неотделим от облика Пиккара-уче-



ного и Пиккар-человек — глава большой семьи, где царит атмосфера дружбы и взаимопомощи. Эта атмосфера, дух науки и гуманизма повлияли на судьбу сына Пиккара — Жака, ставшего верным помощником, а потом и продолжателем научных изысканий отца.

В 1932 году О. Пиккар совершил второй полет в стратосферу (опять вместе с Кипфером). Во время этого полета стратонавтам удалось провести измерения интенсивности космического излучения на разных высотах. Вслед за Пиккаром поднялись стратостаты в нескольких странах. Читатель узнает о первых советских полетах в стратосферу. «Огюст Пиккар добился своего: многие пошли в стратосферу за ним», — резюмирует автор.

Во второй части книги «Салют адмиралу» читатель знакомится с профессором О. Пиккаром — изобрета-

телем батискафа. Батискафу предшествовала батисфера. В 30-х годах в батисфере погружались биолог У. Биб и инженер О. Бартон, достигнув глубины 923 м. Батисфера опускалась на тросе, что ограничивало возможности наблюдателя и создавало гораздо большую опасность для его жизни, чем при работе в батискафе. «Он пошел в океан после Биба и Бартона, но не вслед им, — пишет автор о Пиккаре. — Он избрал собственный путь».

Идею батискафа — автономного аппарата, способного погружаться на любые глубины океана, Пиккар вынашивал с молодости. «Я пытаюсь создать аппарат, который позволит человеку опуститься на дно моря. Я собираюсь вернуться к принципу свободного аэростата и приспособить его для подводного плавания», — эти слова были сказаны профессором в 1937 году.

Вторая мировая война прервала научную деятельность профессора Пиккара. Батискаф был создан уже после войны. Первые его испытания проходили в Атлантическом океане, в районе Дакара, при участии изобретателя акваланга, капитана Ж. И. Кусто. Глубоководные погружения батискафа подтвердили правильность идеи и принцип автономной конструкции батискафа — это и представляло главный итог испытания.

Новый батискаф «Триест» в 60-х годах профессор Пиккар конструировал уже вместе с сыном Жаком. Когда Огюст и Жак совершили погружение в 1953 году, отцу было 69 лет. Но он не сдавался. Искренней симпатией к ученому, лирической грустью веет от страниц книги, посвященных последнему совместному погружению Пик-

каров 30 сентября 1953 года, когда они опустились на глубину 3150 м.

Огюст Пиккар не смог опуститься на самую большую глубину Мирового океана, да ведь он и не стремился к рекордам. 23 января 1960 года Жак Пиккар вместе с американцем Д. Уолшем достиг дна Марианской впадины на глубине 10 920 м. Жак Пиккар претворил в жизнь и последний проект отца, построив мезоскаф — аппарат для исследования средних глубин океана. Проект мезоскафа Огюст Пиккар разрабатывал незадолго до кончины. Мезоскаф был назван его именем.

Жак Пиккар достойно продолжает дело отца. В августе 1960 года он участвовал в подводном дрейфе по Гольфстриму в мезоскафе «Бен Франклин». Мезоскаф дрейфовал на 1500 миль — от побережья Флориды до Канады. Я познакомился с профессором Жаком Пиккаром в августе 1975 года в Токио, во время III Международной конференции по освоению океана. Жак Пиккар выступал с докладом, посвященном борьбе с загрязнением Мирового океана. Он очень обрадовался, когда узнал, что имя его отца пользуется популярностью у нас в стране, что книги О. Пиккара и самого Жака изданы в Советском Союзе огромными тиражами.

Идеи Огюста Пиккара нашли отражение в конструкции целой серии подводных аппаратов для исследования различных глубин океана. Сейчас батискафы и мезоскафы стали одним из важных средств современных океанологических наблюдений.

Книга Л. Репина станет необходимым звеном в цепочке сведений, которые впитывает любознательный человек XX века о «тех, кто первым ступил на неизведанные земли». Она не может оставить читателя равнодушным, потому что ее герой является собой пример служения науке на благо людям. Показать это — цель и задача книги, которую автор успешно выполнил.

Кандидат географических наук
А. Н. КОСАРЕВ

«Элементы орбит 45 метеоритов. Атлас»



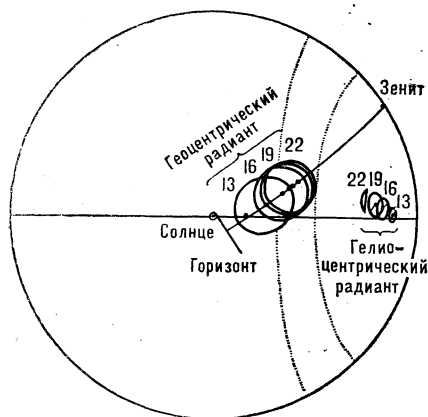
Астрономы с интересом встретили работу сотрудника Комитета по метеоритам АН СССР А. Н. Симоненко «Элементы орбит 45 метеоритов. Атлас» (М., «Наука», 1975). В атласе найден чрезвычайно удачный графический способ подачи этого специфического материала. Дело в том, что из-за неопределенности значения геоцентрической скорости для каждого метеорита приходится рассматривать некоторый пучок орбит, элементы которых варьируют в широких пределах. Но если радиант известен, то можно ограничить значения эксцентриситета, наклонения, большой полуоси и других элементов орбиты и таким образом получить некоторое представление о движении метеорита в прошлом.

Чтобы вычислить орбиту метеорного тела, необходимо знать время, направление и скорость его входа в атмосферу Земли. Метеориты падают

случайно, и в каждом конкретном районе падения происходят нечасто. Поэтому инструментальные наблюдения метеоритообразующих болидов организовать довольно сложно. Фотографические станции слежения за болидами в Канаде, США, Чехословакии, ФРГ, Англии и СССР способны контролировать атмосферу над территориями в 5 млн. км², что составляет только 1% всей поверхности земного шара. Немудрено, что приборы зафиксировали всего два падения: в 1959 году в Чехословакии (Пршибрам) и в 1970 году в США (Лост Сити). У этих метеоритов орбиты известны точно, но двух орбит, конечно, недостаточно, чтобы судить о том, из какой части Солнечной системы приходят метеориты.

К счастью, визуальные наблюдения падений метеоритов — далеко не безнадёжный источник астрономической информации. Если после пролета метеоритообразующего болида разыскать на большой территории, скажем, 100 свидетелей этого явления, выяснить, как был виден путь болида из разных мест, то после соответствующей статистической обработки можно почти достоверно определить и высоту, и радиант, и момент пролета.

Из визуальных наблюдений принципиально невозможно определить скорость болида, поскольку на глаз трудно отличить, например, скорость полета 20 км/с от скорости 18 км/с, а орбиты в этих двух случаях совершенно разные. В 30-х годах тщательная и квалифицированная интерпретация визуальных метеорных наблюдений привела к выводу о существовании гиперболических орбит, то



есть метеорных тел, приходящих из межзвездного пространства. Впоследствии этот вывод оказался в корне ошибочным!

Наиболее важен для анализа орбит верхний предел скорости, с которой метеориты встречаются с Землей. Теория движения метеоров в атмосфере позволяет считать, что тела, входящие в атмосферу быстрее 20 км/с, не могут упасть на землю, они без остатка испаряются или распыляются. Исключение составляют лишь гигантские кратерообразующие метеориты. Отсюда следует, что метеориты должны двигаться по догоняющим орбитам внутри своеобразных «конусов сбора». В результате пучки теоретически возможных орбит могут быть существенно сужены.

Автор рецензируемого атласа, давая обильный фактический материал, воз-

держивается от космогонических выводов. Но, несомненно, рано или поздно наблюдательные данные позволят выявить законы эволюции твердой материи в Солнечной системе.

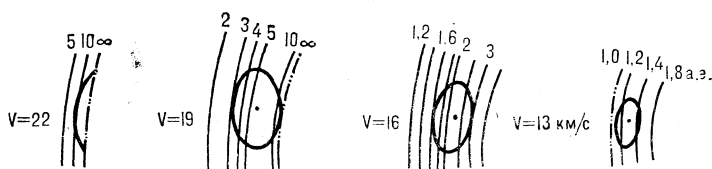
В настоящее время в каталогах за-



Диаграмма для метеорита Никольское из атласа А. Н. Симоненко. Большая окружность изображает небесную сферу, в ближайшей к наблюдателю точке находится Солнце. Указано положение зенита и отрезка линии горизонта. Большие эллипсы соответствуют областям геоцентрического радианта, а малые — гелиоцентрического радианта траектории метеорита для различных скоростей встречи с Землей



Возможные значения большой полуоси орбиты, соответствующие различным скоростям метеорита. Такие же схемы в атласе даны и для других элементов орбиты



регистрировано примерно 2250 метеоритов, которые хранятся в различных коллекциях мира. Общая масса внеземного космического вещества, находящегося в руках ученых, составляет несколько сот тонн. Она и по количеству, и по разнообразию типов далеко превосходит образцы лунных горных пород, которые ценой больших затрат и усилий были доставлены на Землю. Метеориты попадают из межпланетного пространства в лабораторию исследователя, так сказать, «своим ходом». Пока удалось собрать сведения об орбитах 45 метеоритов. Однако работу по систематизации траекторий метеоритов можно и нужно продолжать, так как достоверные выводы о вещественном составе Солнечной системы возможны лишь на основе богатой статистики. Для будущих исследователей окажется полезным подробное изложение методики вычисления метеорных орбит, приведенной в атласе.

Е. В. БОРОВКОВА

НОВЫЕ КНИГИ

ПОПУЛЯРНО О СОВРЕМЕННОЙ АСТРОНОМИИ

В 1976 году издательство «Мир» выпустило книгу американского популяризатора астрономии Б. Бовы «Новая астрономия». Перевод с английского выполнен В. Е. Чертопрудом. Редактор перевода и автор послесловия — Б. Н. Пановкин.

Книга, написанная легко и доход-

чиво, представляет интерес для любителей астрономии, учащихся, преподавателей средней и высшей школы, лекторов. Автор книги весьма условно делит историю астрономии на три эры: начало первой теряется в глубокой древности, когда люди стали вести регулярные наблюдения небесных светил; вторая эра началась, когда Галилей направил на небо свой телескоп; третья эра — новейшая. Именно об открытиях, сделанных в последние деся-

тилетия, в основном и рассказывает в книге. Перед взором читателя проходит «неистовая Вселенная» квазаров, взрывающихся галактик, пульсаров, черных дыр.

Основные главы книги: «Три эры астрономии», «Первая эра», «Вторая эра», «Начало третьей эры», «Новое окно: радиоастрономия и астрономическая радиолокация», «Новые глаза», «Внеземная астрономия», «Новый взгляд на Солнечную систему», «Неистовая Вселенная».



ОТВЕТЫ
НА ВОПРОСЫ
ЧИТАТЕЛЕЙ

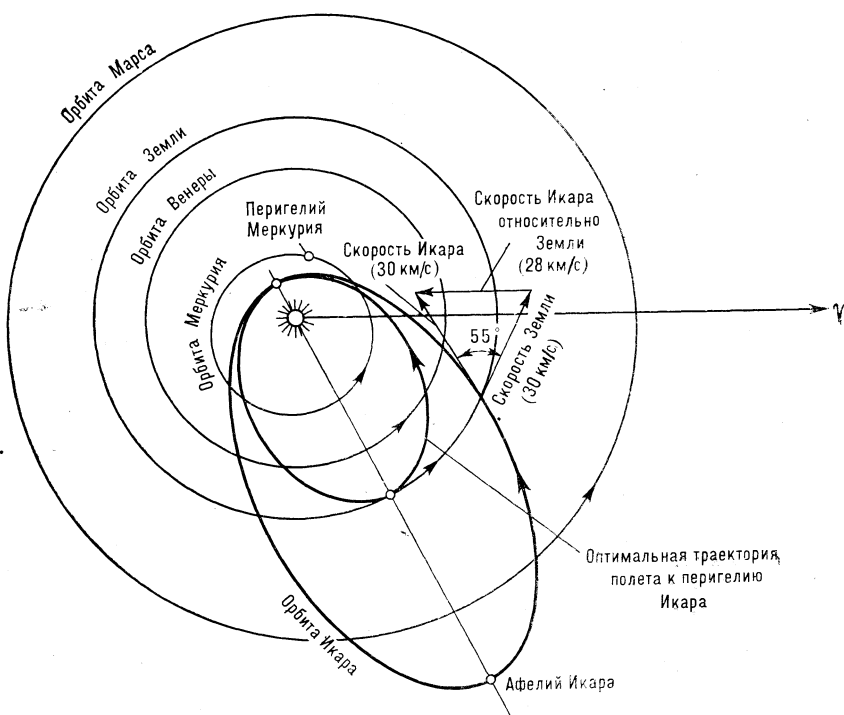
Нельзя ли посадить автоматическую станцию на астероид с сильно вытянутой орбитой в тот момент, когда астероид находится ближе всего к Земле? Такая станция могла бы без затрат энергии совершить «на спине» астероида длительное путешествие и передать много ценной информации.

С. АЛЕСКОВСКИЙ
(г. Фрунзе)

По просьбе редакции на этот вопрос отвечает В. И. ЛЕВАНТОВСКИЙ, автор нескольких научно-популярных книг о проблемах космических полетов.

Как известно, малые планеты — астероиды имеют малые массы и, следовательно, очень слабое гравитационное поле. Поэтому посадка на астероид не требует больших затрат энергии на реактивное торможение (даже на самых крупных астероидах — Церере, Палладе, Весте, Юноне — скорость освобождения не превышает нескольких сот метров в секунду). Это обстоятельство, по-видимому, и объясняет существование широко распространенного среди неспециалистов мнения о возможности использования астероидов как средства для полетов в Солнечной системе: ведь сам-то астероид движется без каких-либо затрат энергии! При этом забывают, что указанным «преимуществом» обладает и любой космический аппарат после того, как он выведен на свою орбиту.

«Вскочить на спину» даже самого небольшого астероида означает вывести космический аппарат на орбиту, совпадающую с орбитой астероида.



Причем вывести в той точке орбиты, где в данный момент находится астероид, то есть осуществить на межпланетной орбите встречу, аналогичную встрече кораблей «Союз» и «Аполлон» на околоземной орбите и сопровождающуюся уравниванием скоростей космического аппарата и астероида. Полет на астероид, орбита которого сильно наклонена к плоскости эклиптики, требует больших энергетических затрат. Между тем никаких преимуществ перед свободным полетом космического аппарата полет «на спине» астероида не имеет, если цель эксперимента — исследование не самого астероида, а материи в межпланетном пространстве или Солнца.

Иллюзорным является представление о том, что момент прохождения астероида вблизи Земли наиболее удобен для того, чтобы его «оседлать». На самом деле этот момент удобен только для исследова-

ния астероида с пролетной траекторией: для подлета к близко проходящему астероиду достаточно практически вторая космическая скорость.

Если астероид движется мимо Земли по сильно вытянутой орбите, близко проходящей от Солнца, то переход на эту орбиту особенно затруднителен. Например, астероид Икар, приблизившийся 14 июня 1968 года к Земле на 6 млн. км (следующая встреча в 1987 году), в перигелии удален на 0,186 а. е. от Солнца, а в афелии оказывается за орбитой Марса. Его скорость вблизи Земли примерно 30 км/с, а по отношению к Земле — около 28 км/с (Икар пересекает орбиту Земли под углом примерно 55°). Расчет показывает, что необходимая для встречи скорость 28 км/с на границе сферы действия Земли может быть достигнута при разгоне космического аппарата ракетой-носителем до 30 км/с (старт с околоземной орбиты со скоростью 22 км/с). А ведь мы не учли значительные затраты на коррекцию при встрече (Икар все же несколько удален от границы сферы действия Земли) и, самое главное, большой наклон ор-

Орбита Икара в Солнечной системе и оптимальная траектория полета космического аппарата к перигелию Икара

биты Икара к плоскости эклиптики (23°)! Легче было бы долететь до Солнца (упасть на него), чем «прыгнуть» на Икар, а Солнце еще недоступно для современной техники («Земля и Вселенная», № 4, 1972, стр. 41—45.—Ред.). Между тем расстояние 0,186 а. е. от Солнца может быть достигнуто, если ракета-носитель разовьет всего лишь скорость 17,3 км/с (9,6 км/с при старте с околоземной орбиты), но при этом космический аппарат должен быть выведен на эллиптическую орбиту, касающуюся орбиты Земли, а не на орбиту Икара.

Астероиды не сулят никаких выгод и для полетов к другим планетам, с которыми они, кстати сказать, крайне редко сближаются, и то — на миллионы километров. Пересечение орбит происходит только на бумаге, где они изображаются в проекции на одну плоскость.

Однако астероиды интересны сами по себе. Их изучение может прояснить многие вопросы в проблеме эволюции Солнечной системы. Очень интересен тот же малодоступный Икар именно потому, что в течение долгого времени подвергался интенсивному облучению Солнцем.

Многие современные проекты полетов на астероиды основаны на использовании в космических аппаратах электроракетных двигательных установок (ЭРДУ), сообщаящих им хотя и очень малое (порядка $10^{-4}g$), но непрерывное реактивное ускорение. Космический аппарат с ЭРДУ способен достичь астероидов, движущихся по сильно наклоненным и сравнительно вытянутым орбитам. Во многих иностранных разработках предусматриваются встречи не с самими астероидами, а с фиктивными целями, отстоящими от астероидов иногда на несколько тысяч километров. Это вызвано крайней неопределенностью масс астероидов. Только у четырех самых крупных астероидов размеры определены (оптическими методами), но их плотности, как и плотности других астероидов, не известны, а потому не могут быть вычислены и массы; для других же асте-

роидов даже размеры могут быть лишь примерно оценены по их блеску.

Слабая тяга ЭРДУ может удерживать космический аппарат с нулевой относительной скоростью на некотором расстоянии от астероида (по расчетам, на расстоянии примерно 50 км от Эроса), но для больших астероидов необходим вывод на спутниковую орбиту и последующее постепенное снижение аппарата с помощью ЭРДУ. Орбиты искусственных спутников, обращающихся вокруг малых астероидов, могут быть крайне неустойчивы из-за неправильностей гравитационных полей таких астероидов (есть, например, подозрения, что Эрос имеет форму груши).

Посадки на большие астероиды будут происходить с помощью тормозных жидкостных ракетных двигателей и ракетных двигателей на твердом топливе. Посадки на астероиды типа Эроса могут быть жесткими, без торможения (падение со скоростью порядка 10 м/с), посадки на маленькие астероиды типа Икара (диаметр 1—2 км) будут представлять собой простое причаливание.

Несмотря на сравнительно детальную разработку некоторых опубликованных за рубежом проектов полетов на астероиды (к Церере, Палладе, Весте, Юноне, особенно часто — к Эросу), приуроченных к 1976—1978 годам, конкретных планов запусков космических аппаратов на ближайшие годы, насколько известно, не существует.

Уважаемые читатели!

Сообщаем новый адрес редакции: 117049 Москва, В-49 Мароновский пер., д. 26, комн. 329—331
Телефон 237-59-93, 237-02-67

4 ИЮЛЬ АВГУСТ 1976 И ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

Орган Секции физико-технических и математических наук, Секции наук о Земле Президиума наук СССР и Всесоюзного астрономо-геодезического общества

Редакционная коллегия:

Главный редактор — доктор физ.-мат. наук Д. Я. МАРТЫНОВ.

Ответственный секретарь — кандидат пед. наук Е. П. ЛЕВИТАН.

Член-корреспондент АН СССР

Г. А. АВСЮК, доктор географ. наук

А. А. АКСЕНОВ, кандидат физ.-мат. наук

В. А. БРОНШТЭН, член-корреспондент АН СССР

Ю. Д. БУЛАНЖЕ, доктор физ.-мат. наук

И. К. КОВАЛЬ, доктор географ. наук

В. Г. КОРТ, доктор физ.-мат. наук

Б. Ю. ЛЕВИН, кандидат физ.-мат. наук

Г. А. ЛЕЙКИН, академик А. А. МИХАЙЛОВ, доктор физ.-мат. наук

И. Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук

К. Ф. ОГОРОДНИКОВ, доктор физ.-мат. наук

Г. Н. ПЕТРОВА, доктор геол.-мин. наук

Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук

В. В. РАДЗИЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук

Ю. А. РЯБОВ, доктор техн. наук

К. П. ФЕОКТИСТОВ.

Адрес редакции: 117049 Москва В-49, Мароновский пер., д. 26, комн. 329—331
тел. 237-59-93

Художественный редактор Л. Я. Шимкина

Корректоры: С. М. Верите, Т. Н. Морозова

Номер оформили: М. С. Баландин, Е. К. Верентина, Т. А. Григорьева, А. Г. Калашникова, В. И. Кноп

При перепечатке ссылка на журнал «Земля и Вселенная» обязательна.

T-10855

Сдано в набор 26/III 1976 г. Подписано в печать 22/VI 1976 г. Формат бум. 84×108/14. Печ. л. 6,0(10,08). Уч.-изд. л. 11,9 Бум. л. 3,0. Заказ 420. Цена 40 коп. Тираж 50 000 экз.

2-я типография издательства «Наука», 121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

Ленинские премии 1976 года — исследователям Земли и Вселенной

Эту высокую награду Центральный Комитет КПСС и Совет Министров СССР присудили:

Чарахчяну Агаси Назаретовичу, доктору физико-математических наук, старшему научному сотруднику Физического института имени П. Н. Лебедева Академии наук СССР, руководителю работы, **Базилевской** Галине Александровне, **Стожкову** Юрию Ивановичу, кандидатам физико-математических наук, старшим научным сотрудникам того же института, **Чарахчян** Таисии Никаноровне, доктору физико-математических наук, заведующей сектором Научно-исследовательского института ядерной физики Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, — за стратосферные исследования вспышек космических лучей на Солнце и процессов солнечной модуляции галактических космических лучей.

Соболеву Владимиру Степановичу, академику, заместителю директора Института геологии и геофизики Сибирского отделения Академии наук СССР, руководителю работы, **Добрецову** Николаю Леонтьевичу, **Соболеву** Николаю Владимировичу, докторам геолого-минералогических наук, заведующим лабораториями, **Реввердатто** Владимиру Викторовичу, доктору геолого-минералогических наук, **Хлестову** Владимиру Васильевичу, кандидату геолого-минералогических наук, старшим научным сотрудникам, работникам того же института, — за цикл работ по фациям метаморфизма.

Редколлегия, авторский коллектив и читатели журнала «Земля и Вселенная» поздравляют новых лауреатов Ленинской премии и желают им дальнейших успехов на благо нашей великой Родины.

Решение 35/12-55



ИЗДАТЕЛЬСТВО „НАУКА“

ЦЕНА 40 КОП
ИНДЕКС 70336